

# COMPARAÇÃO ENTRE IMAGENS LANDSAT ETM+ E MODIS/TERRA PARA DETECÇÃO DE INCREMENTOS DE DESMATAMENTO NA REGIÃO DO BAIXO ACRE

*A comparison between Landsat ETM+ and MODIS/TERRA images for detecting deforestation increments in the Eastern Acre region*

**Anderson da Silva Costa  
Carlos Moreira de Souza Jr.**

**Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia-IMAZON**

Caixa Postal 5101, Ananindeua, Pará-Brasil.  
{anderson,souzajr}@amazon.org.br

## RESUMO

Neste artigo avaliamos a capacidade de detecção e mapeamento de incrementos de desmatamento com imagens MODIS/TERRA, de 250 m de resolução espacial, em relação a capacidade de imagens Landsat ETM+ com resolução espacial de 30 m. Este estudo foi conduzido no estado do Acre cobrindo uma área de 34.225 km<sup>2</sup>. Nossos resultados mostram que as imagens MODIS com resolução de 250 metros possuem elevada acurácia para detectar desmatamento em áreas maiores que 3 ha. Além disso, as imagens MODIS podem ser usadas para estimar a área desmatada de incrementos maiores que 70 ha, com erro menor que 5% relativo às estimativas de área obtidas com imagens Landsat. Por último, estimamos que 86% da área desmatada entre 2002 e 2003 em todo o Estado do Acre podia ser detectada e mapeada com o sensor MODIS. Portanto, as imagens MODIS com pixel de 250 metros podem ser úteis para monitorar com maior frequência as mudanças da floresta devido ao desmatamento na Amazônia Brasileira, superando a baixa cobertura temporal de imagens Landsat devido a freqüente cobertura de nuvens na região.

**Palavras chaves:** Sensoriamento remoto, desmatamento, Amazônia, MODIS, Landsat.

## ABSTRACT

In this paper we evaluated the capacity of MODIS images with 250 m spatial resolution to detect and map deforestation increments relative to the capacity of Landsat ETM+ images. This study was conducted in the state of Acre covering an area of 34,225 km<sup>2</sup>. Our results show that the 250 m MODIS images are highly accurate to detected deforestation larger than 3 ha. Additionally, MODIS can be used to estimate the area subject to deforestation with increments larger than 70 ha with an error of less than 5% relative to the estimates obtained with Landsat images. Finally, we estimated that 86% of the total area deforested in the state of Acre between 2002 and 2003 can be detected and mapped with MODIS. Therefore, the 250 m-pixel MODIS images can be useful to monitor the forest changes due to deforestation in the Brazilian Amazon in more regular basis, overcoming the low temporal coverage of Landsat due to frequent cloud cover in the region.

**Keywords:** Remote sensing, deforestation, Amazon, MODIS, Landsat.

## 1. INTRODUÇÃO

Entre 2000 e 2003, o desmatamento na Amazônia aumentou significativamente, com taxa média de 21.727 km<sup>2</sup>/ano. Isto representa um aumento em torno 27% em relação à taxa média de desmatamento da década de 90 que foi de 17.003 km<sup>2</sup>/ano (INPE, 2004a). As taxas de desmatamento têm sido estimadas com imagens Landsat TM (*Thematic Mapper*) e ETM+ (*Enhanced Thematic*

*Mapper*) pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do Projeto de Desflorestamento da Amazônia -PRODES (INPE, 2004a). O mapeamento anual e as estimativas das taxas de desmatamento têm ajudado na formulação de políticas governamentais que visam mitigar o desmatamento na região (CASA CIVIL, 2003).

Contudo, estes dados têm sido pouco efetivos para combater o desmatamento ilegal na Amazônia. Um dos fatores que tem inibido o uso efetivo de imagens de satélite no combate ao desmatamento é a baixa frequência com que os dados de desmatamento são gerados - em geral, uma vez por ano (INPE, 2003a). Mesmo com resolução temporal de 16 dias, a freqüente cobertura de nuvens na Amazônia inibe a aquisição de imagens Landsat (ASNER, 2001), o que contribui para a baixa frequência temporal para detectar desmatamento. Além disso, as estimativas são geralmente defasadas, ou seja, são fornecidas de um a dois anos depois que as áreas foram desmatadas. Esta defasagem temporal reduz também a eficácia no combate do desmatamento ilegal na Amazônia.

Para superar o problema da baixa frequência de detecção de desmatamento com imagens Landsat, algumas iniciativas estão sendo desenvolvidas utilizando o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) que fornece imagens com resolução temporal de aproximadamente dois dias. As iniciativas incluem o sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real - DETER (INPE, 2004b) e o Sistema Integrado de Alerta de Desmatamento (SIAD) do Sistema de Proteção Ambiental da Amazônia (SIPAM) (CASA CIVIL, 2003). Estes sistemas têm o potencial de detectar o desmatamento ainda em fase inicial, o que pode servir de alerta aos órgãos ambientais para inibir a expansão de desmatamentos ilegais na Amazônia.

Uma das desvantagens das imagens MODIS, em relação às imagens Landsat, é a sua menor resolução espacial. Contudo, muitas das mudanças na cobertura florestal ocorrem numa escala compatível com pixel de 250 metros (TOWNSHEND e JUSTICE, 1988), o que torna as imagens MODIS relevantes para o monitoramento da Amazônia.

Visando contribuir com o monitoramento das florestas da Amazônia, este estudo tem como

objetivos avaliar: i) a capacidade do sensor MODIS de detectar e mapear diferentes classes de tamanho de desmatamento; e ii) comparar as estimativas de área de incrementos de desmatamento mapeados com as imagens Landsat e MODIS.

## 2. CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES DO SENSOR MODIS

O sensor MODIS é um dos cinco sensores a bordo dos satélites TERRA e AQUA do NASA-EOS (*Earth Observing System* - Sistema de Observação da Terra). Este sensor fornece imagens com resolução espacial de 250, 500 e 1000 metros e possui 36 bandas espectrais cobrindo o espectro eletromagnético da região do visível ao infravermelho termal (RUNNING *et al.*, 1994). As bandas de 1 a 4 e as bandas 6 e 7 do sensor MODIS operam nas regiões espectrais dos sensores TM e ETM+ do Landsat (**Tabela 1**). As bandas 1 e 2 do MODIS possuem resolução espacial de 250 m, enquanto que as bandas 3 a 7 possuem resolução espacial de 500 metros (JUSTICE *et al.*, 1998). Essas regiões espectrais foram definidas para minimizar o impacto da absorção de gases atmosféricos. Esta característica espectral do sensor MODIS supera uma das limitações dos sensores remotos precedentes, de resolução espacial moderada e alta resolução temporal, como o AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) (VERMOTE *et al.*, 1997).

As imagens MODIS podem ser adquiridas gratuitamente já georeferenciadas e corrigidas para efeitos atmosféricos; e são distribuídos na forma de diferentes produtos armazenados no formato HDF (*Hierarchy Data Format*).

As imagens MODIS têm sido utilizadas para a detecção de mudanças antropogênicas e naturais na cobertura vegetal (ZAHN *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2003). Outras aplicações do sensor MODIS incluem a detecção de queimadas

TABELA 1 - COMPARAÇÕES DA REGIÃO ESPECTRAL DO MODIS E LANDSAT ETM+.

Banda	MODIS		Banda	LANDSAT ETM+	
	Região Espectral (nm)	Resolução Espacial (m)		Região Espectral (nm)	Resolução Espacial (m)
1	0.459-0.479	250	1	0.450-0.515	30
2	0.545-0.565	250	2	0.525-0.605	30
3	0.620-0.670	500	3	0.630-0.690	30
4	0.841-0.876	500	4	0.775-0.900	30
5	1.230-1.250	500	-	-	-
6	1.628-1.652	500	5	1.550-1.750	30
7	2.105-2.155	500	7	2.090-2.350	30

(JUSTICE *et al.*, 2002), monitoramento da dinâmica de rios (PAVELSKY *et al.*, 2004); e a estimativa de propriedades biofísicas da superfície terrestre (ZHANG *et al.*, 2003). Há poucos estudos que comparam imagens MODIS e Landsat para o monitoramento da superfície terrestre. Um exemplo é o estudo que compara imagens Landsat e imagens MODIS para estimar a abundância de vegetação, o qual revelou que estas imagens geram estimativas compatíveis (PRICE, 2003).

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na região leste do Estado do Acre em uma área de 34.225 km<sup>2</sup> (Fig. 1). A região apresenta relevo ondulado, solos de origem sedimentar do tipo Latossolo Vermelho, abrigando uma vegetação composta por florestas tropical densa e aberta (RADAMBRASIL, 1976). O clima é do tipo equatorial quente e úmido, caracterizado por altas temperaturas, elevados índices de precipitação pluviométrica e alta umidade relativa do ar. A temperatura média anual está em torno de 24,5 °C. Possui drenagem densa e bem distribuída (ACRE, 2000).

Esta área foi escolhida devido aos impactos do desmatamento ocorridos nas florestas do Acre nos últimos anos e por fazer parte do arco do desmatamento. As regiões do Alto e Baixo Acre foram as que apresentaram os maiores índices de desmatamento e queimadas.

A expansão da pecuária nos últimos anos tem sido apontada como a principal causa do desmatamento na região (SILVA *et al.*, 2004).

## 4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para comparar a detecção e mapeamento de incrementos de desmatamento com imagens Landsat e MODIS é sintetizada na Fig. 2. As etapas do processamento dessas imagens são apresentadas nas seções abaixo.

### 4.1 Aquisição e Pré-processamento das imagens Landsat ETM+

Utilizamos duas imagens Landsat ETM+ (órbita/ponto = 002/67), adquiridas em 10 de agosto 2002 e 4 de julho de 2003 (Tabela 2). As imagens Landsat ETM+ foram fornecidas pelo INPE.

TABELA 2 - DATAS DE AQUISIÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT E MODIS.

Sensor	Datas de aquisição	Órbita-Ponto/Tiles
LANDSAT ETM+	10 de agosto 2002 4 de julho 2003	002-067
MODIS	26 de junho a 11 de julho 2003	h11v10 h11v09

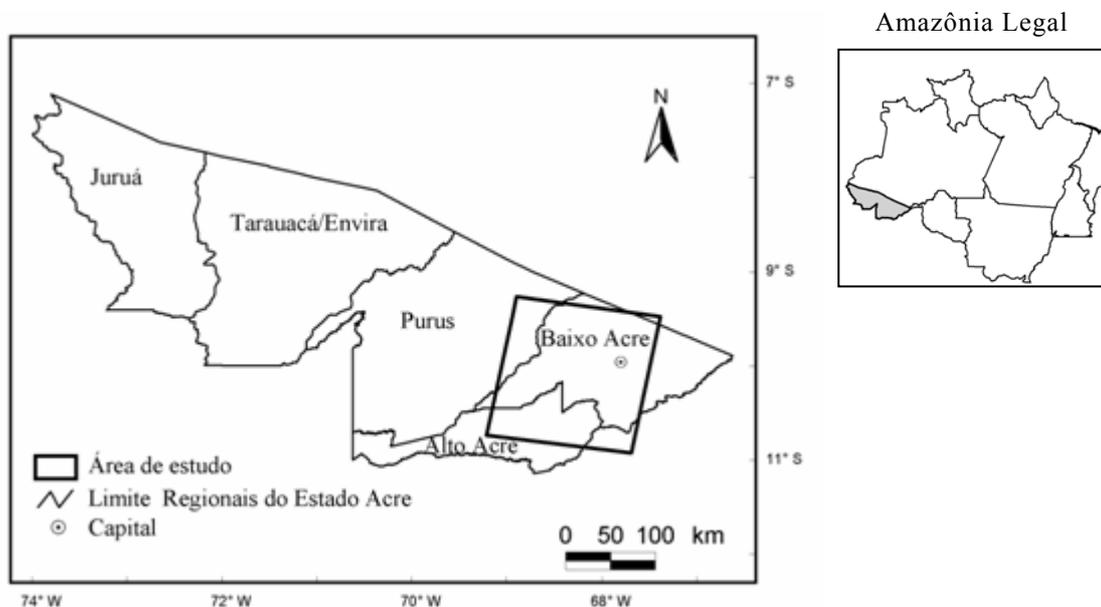


Fig. 1 - Localização da área de estudo na região do Baixo Acre, coberta pela cena 02/67 do Landsat.



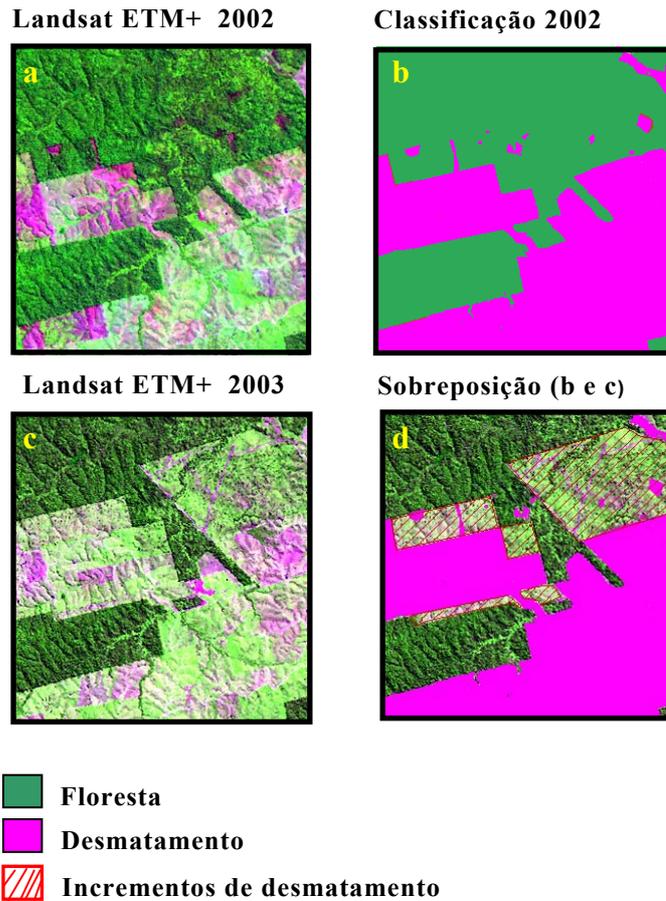


Fig. 3 - Sub-região da área de estudo, ilustrando a metodologia utilizada para detectar o incremento do desmatamento nas imagens Landsat: (a) composição colorida da imagem Landsat de 2002 (R5, G4, B3); (b) imagem Landsat de 2002 classificada; (c) composição colorida da imagem Landsat de 2003 (R4, G5, B3); e (d) sobreposição da classificação de 2002 na imagem Landsat de 2003 ressaltando os incrementos de desmatamento que foram digitalizados.

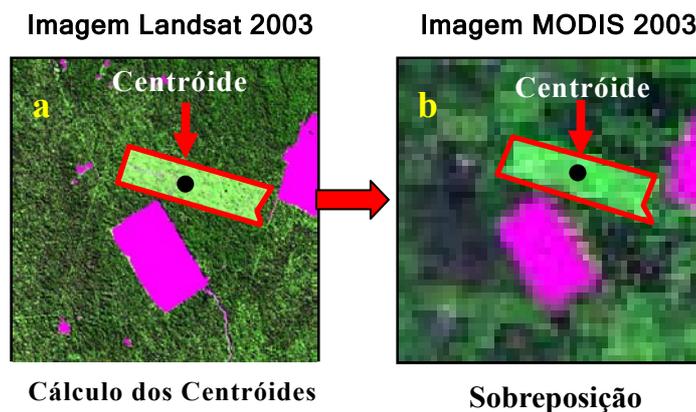


Fig. 4 - Exemplo de incremento de desmatamento entre 2002 e 2003 detectados nas imagens: (a) composição colorida da imagem Landsat (R5,G4,B3) com resolução espacial de 30 metros; (b) composição colorida da imagens MODIS (R7, G2, B1) com resolução espacial de 250 metros.

O último passo foi reamostrar o pixel de 30 metros da classificação de 2002 (Landsat) para 250 metros. Isto permitiu sobrepor a classificação de 2002 na imagem do sensor MODIS para mapear os incrementos de desmatamento ocorridos entre 2002 e 2003.

### 3.2 Aquisição e Pré-processamento das imagens MODIS

Utilizamos a imagem do produto MODIS MOD13Q1 com resolução espacial de 250 metros para detecção e mapeamento do incremento de desmatamento. Este produto é gerado a partir de várias imagens adquiridas em um período de 16 dias. Este processo de composição seleciona o melhor pixel da imagem para compor o produto MOD13Q1, minimizando eventuais distorções espaciais e ruídos radiométricos (VAN LEEUWEN *et al.*, 1999). As imagens MODIS foram fornecidas pela NASA-EOS.

Esse produto foi convertido para a mesma projeção das imagens Landsat (UTM, zona 19S; Datum SAD-69/Brasil) utilizando o programa MODIS Reprojection Tool-MRT (DAAC, 2005). A data de composição escolhida foi de 26 de junho a 11 de julho 2003 (composição 16 dias), a qual aproxima-se à data de aquisição da imagem Landsat (4 de julho de 2003) utilizada para mapear os incrementos de desmatamento (Tabela 1).

### 3.3 Comparação Landsat-MODIS

A detecção de incrementos de desmatamento com MODIS envolveu várias etapas. Primeiramente, o mapa de desmatamento obtido com a imagem Landsat de 2002 foi reamostrado do tamanho original do pixel (30 m) para o tamanho do pixel da imagem MODIS (250 m). O mapa de desmatamento com pixel de 250 m foi combinado com a imagem MODIS original para isolar o desmatamento antigo, ou seja, ocorrido até 2002. Este procedimento permitiu realçar apenas os incrementos de desmatamento ocorridos entre 2002 a 2003 na imagem MODIS (fig. 4).

Quatro classes de tamanho de desmatamento foram consideradas para a análise do incremento de desmatamento com o MODIS:  $\leq 3$  ha, 3-100 ha, 100-1000 ha e  $\geq 1000$  ha. Essas classes de tamanho são utilizadas pelos órgãos governamentais de fiscalização e controle para a concessão de autorização de desmatamento, definidas na Instrução Normativa N° 3 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA (IBAMA, 2004).

Para cada classe de tamanho, selecionamos aleatoriamente 30 polígonos que representam o incremento do desmatamento mapeado com as imagens Landsat. Os centróides desses polígonos foram sobrepostos na imagem MODIS (Fig. 4). Isto

permitiu avaliar se os incrementos de desmatamento detectado na imagem Landsat de 2003 podiam ser detectados na imagem MODIS. Por último, digitalizamos todos os incrementos de desmatamento que foram detectados na imagem MODIS e comparamos as estimativas de áreas obtidas com os dois tipos de imagens utilizando técnicas de regressão linear.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na classe de desmatamentos  $\leq 3$  ha apenas 5 incrementos, dos 30 detectados com Landsat, foram identificados na imagem MODIS. Nas demais classes de tamanho, todos os incrementos detectados com Landsat foram detectados com MODIS (Tabela 3).

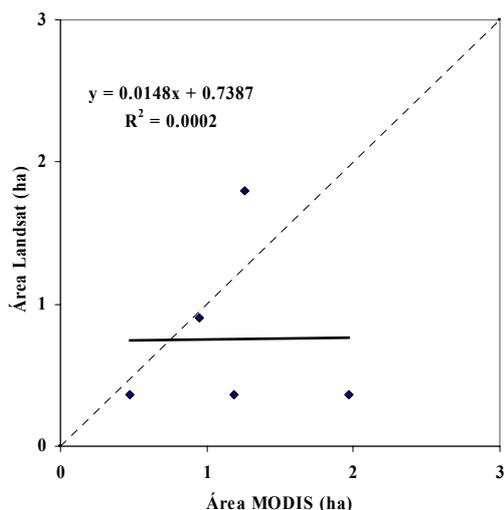
Os resultados globais mostram que 72% dos incrementos de desmatamento detectado pelo Landsat foram identificados na imagem MODIS. Porém, quando cada classe de tamanho é analisada separadamente, a classe  $\leq 3$  ha exibiu um baixo nível de detecção de desmatamento com o MODIS (16%). Por outro lado, as classes maiores que 3 ha, tiveram acurácia de 100% na detecção de desmatamento com o MODIS (Tabela 3).

TABELA 3 - CLASSES AMOSTRAIS POR TAMANHO.

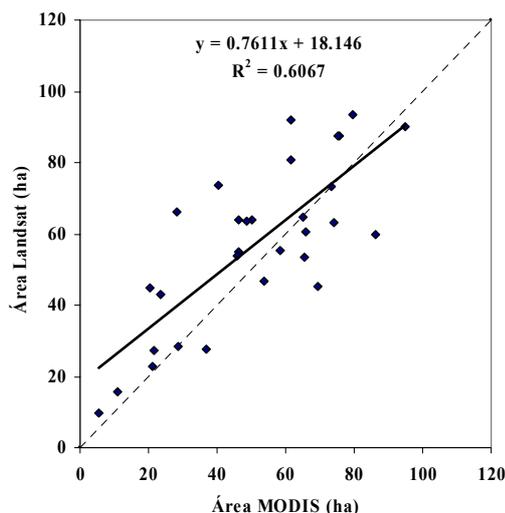
MODIS/LANDSAT ETM+			
$\leq 3$ ha	3 -100 ha	100-1000 ha	$\geq 1000$ ha
5/30	30/30	30/30	1/1

A Fig. 5 mostra a comparação da estimativa de área com os dois tipos de imagens. A classe de tamanho  $\leq 3$  ha mostrou um baixo coeficiente de correlação de *Pearson* (1,3%) entre as estimativas de área obtidas com o Landsat e com o MODIS. Esse resultado já era esperado visto que a menor unidade mapeável (MUM) com pixel de 250 m (MODIS) na escala 1:150.000 é 9 vezes maior que a MUM com pixel de 30 m (Landsat) na escala de 1:50.000 (MUM igual a 0,25 ha e 2,25 ha, respectivamente). Para classe de tamanho entre 3-100 ha, a correlação foi razoável (78%). Para a classe de 100 – 1000 ha houve um aumento significativo na correlação das estimativas de incrementos de áreas desmatadas obtidas com Landsat e MODIS, gerando um  $R^2$  de 0.92 e correlação de 96% (Fig. 5c). Não foi possível estabelecer correlação para classe de tamanho  $\geq 1000$  ha porque havia apenas um polígono de desmatamento nesta classe. A relação global, ou seja, considerando todas as classes de área, entre Landsat e MODIS foi maior, com correlação de 98% e  $R^2$  igual a 0.97 (Fig. 5).

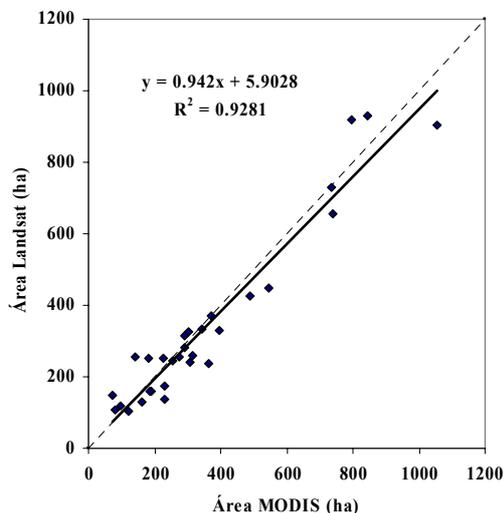
a. Incremento de  $\leq 3$  ha.



b. Incremento de 3- 100 ha.



c. Incremento de 100- 1000 ha.



d. Incremento Total.

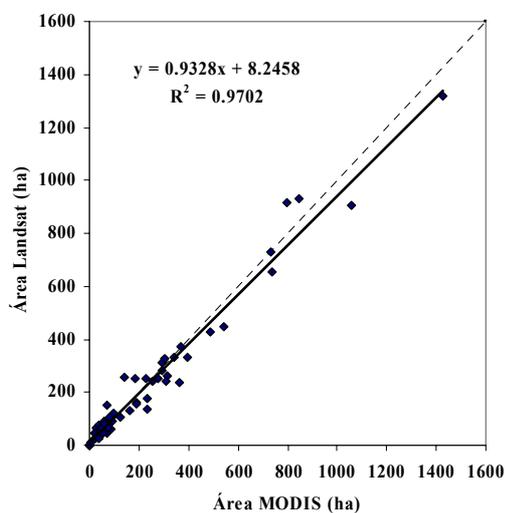


Fig. 5 - Resultados obtidos com análise de regressão entre as estimativas de áreas dos incrementos de desmatamentos mapeados com as imagens LANDSAT ETM+ e MODIS; (a)  $\leq 3$  ha; (b) 3 – 100 ha; (c) 100 - 1000 ha; e (d)  $\geq 1000$  ha.

Considerando o desmatamento em todo o Estado do Acre entre 2002 e 2003, obtido com imagens Landsat, estimamos que 86% da área desmatada neste período é resultante de incrementos maiores que 3 ha (Tabela 4). Logo, as imagens MODIS poderiam detectar mais de 86% do desmatamento no Acre naquele período. Isto revela ainda o potencial das imagens MODIS para o monitoramento das florestas da Amazônia.

TABELA 4. DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE DESMATAMENTO PARA ESTADO ACRE.

Classes de Tamanho	Área Total (%)
0-3	14%
3-100	67%
100-1000	16%
$\geq 1000$	3%

A análise da distribuição dos resíduos da regressão permitiu avaliar os tipos de erros associados com estimativas de desmatamento feitas com MODIS em relação às estimativas obtidas com Landsat (Figura 6). Os resíduos foram negativos para desmatamentos menores que 120 ha, e positivos para desmatamentos maiores que esse valor. Isso significa que para áreas menores que 120 ha, a estimativa de desmatamento feita com MODIS tende a ser maior em relação às estimativas feitas com Landsat. O inverso ocorre para áreas maiores que 120 ha, ou seja, os resíduos são positivos, o que implica que as imagens MODIS subestimam o desmatamento relativo à imagem Landsat (Figura 6).

A análise da distribuição dos resíduos também mostrou que o erro absoluto é  $\leq 5\%$  para

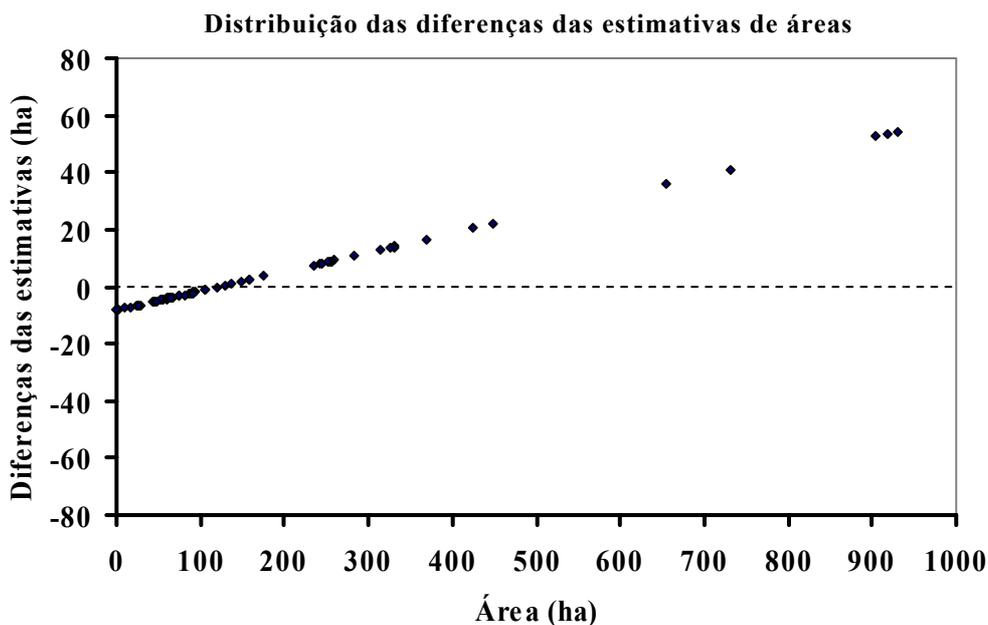


Fig. 6 - Distribuição da diferença das estimativas de área obtidas com Landsat e MODIS em função do tamanho da área do incremento de desmatamento.

incrementos maiores que 70 ha (Tabela 5). Para incrementos de 50 a 70 ha o erro absoluto fica entre 5 e 10%. Para incrementos de 50 a 10 ha o erro absoluto cresce ainda mais variando de 10 a 50%. Finalmente, incrementos menores que 10 ha geram erros absolutos maiores que 50%.

TABELA 5 - ERRO RELATIVO DA ESTIMATIVA DA ÁREA DE INCREMENTO DE DESMATAMENTO COM IMAGENS MODIS EM RELAÇÃO À ESTIMATIVA FEITA COM LANDSAT.

Erro Relativo (%)	Área (ha)	Números de Incrementos de Desmatamento
≤5%	≥70	34
5 – 10%	70 – 50	17
10 – 50%	50 – 10	9
≥50%	≤10	6

## 6. CONCLUSÃO

A análise comparativa entre as imagens Landsat ETM+ e MODIS, para a região do Baixo Acre, revelou que as imagens MODIS, com resolução de 250 m, são úteis para detectar e monitorar o avanço do desmatamento na Amazônia. Desmatamentos entre 3 a 70 ha podem ser detectados, mas a estimativa de área gera erros absolutos significativos em relação às estimativas

feitas com Landsat. As estimativas de área com imagens MODIS de 250 m são mais próximas daquelas obtidas com Landsat para áreas maiores que 70 ha. A detecção rápida do desmatamento feita com as imagens MODIS pode ser combinada com as autorizações de desmatamentos para identificar e coibir os desmatamentos ilegais. A metodologia proposta neste estudo está sendo replicada em outras áreas da Amazônia para uma avaliação mais robusta do potencial das imagens MODIS no monitoramento do desmatamento na região.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação GBMF (Gordon & Betty Moore Foundation) pelo apoio a esta pesquisa e a NASA (National Aeronautics and Space Administration), através do EOS-DIS (Earth Observation System and Data and Information System), pela disponibilidade das imagens MODIS. Agradecemos também aos revisores anônimos pelas valiosas sugestões que permitiram melhorar este artigo.

## REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico: Recursos naturais e meio ambiente - documento final**. Rio Branco: SECTMA, Volume 1, 2000.

ASNER, G.P. Cloud cover in Landsat Observation of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, 22: 3855-3862, 2001.

CASA CIVIL. **Plano de Ação para a Preservação e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal**. Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para Redução dos Índices de Desmatamento na Amazônia Legal. Decreto 3 Julho de 2003, ≤ <http://www.presidencia.gov.br/casacivil/desmat.pdf> ≥ Acesso em 4 março 2005.

DAAC-Distributed Active Archive Center- NASA. MODIS. ≤<http://edcdaac.usgs.gov>≥ Acesso em: 9 fevereiro 2005.

FERREIRA, L.G.; SILVA, A.A.; JESUS, E. T.; SANO, E.E.; & SHIMABUKURO, Y.E. Monitoramento Sistemático da Cobertura Vegetal no Bioma Cerrado através dos Índices de Vegetação MODIS. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 2729 – 2736, 05 - 10 abril 2003.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)- **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº3**, de 04.03.02, publicada em 06.03.02, sobre conversão para uso do solo (reedição da IN 003, de 10.05.01, publicada em 14.05.01). IBAMA - SCEN Trecho 2 - Ed. Sede - Cx. Postal nº 09870 - CEP 70818-900 – Brasília-DF. 2004 Disponível em: ≤<http://www.ibama.gov.br>≥. Acesso em: 10 novembro 2004.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **PRODES (Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia)**: São José dos Campos-INPE, Disponível em: ≤ <http://www.obt.inpe.br/prodes/> ≥. Acesso em: 10 novembro 2004a.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **DETER (Detecção de Desmatamento em Tempo Real)**: São José dos Campos- INPE, Disponível em: ≤ <http://www.obt.inpe.br/deter/> ≥. Acesso em: 10 novembro 2004b.

JUSTICE, C.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R.; DEFRIES, D. ROY, D. HALL, V. SALOMONSON, J. PRIVETTE, G. RIGGS, A. STRAHLER, W. LUCHT, R. MYNENI, Y. KNJAZIHHIN, S. RUNNING, R. NEMANI, Z. WAN, A. HUETE, W. VAN LEEUWEN, R. WOLFE, L. GIGLIO, J. MULLER, P. LEWIS, & M. BARNSLEY, 1998: The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.36,n.4, p. 1228-1249, July, 1998.

JUSTICE, C. O., GIGLIO, L., KORONTZI, S., OWENS, J., ALLEAUME, S., MORISETTE, J. T., ROY, D. P., PETITECOLIN, F., DESCLOITRES, J., & KAUFMAN, Y. Global fire products from MODIS. **Remote Sensing of Environment**, 83, 245– 263.

PAVELSKY, T.M. & L. C. SMITH, Spatial and temporal patterns in Arctic river ice breakup observed with MODIS and AVHRR time series, **Remote Sensing of Environment**, 93(3), 328-338, 2004.

PRICE, J. C. Comparing MODIS and ETM+ data for regional and global land classification. **Remote Sensing of Environment**. 86, 491–499, 2003.

RADAMBRASIL. Folha SC. 19-Rio Branco. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, **Projeto RADAM BRASIL**, Rio Janeiro, RJ, 1976.

RUNNING, S. W., JUSTICE, C. O., SALOMONSON, V. V., HALL, D., BARKER, J., KAUFMAN, Y. J., STRAHLER, A. H., HUETE, A. R., MULLER, J.-P., VANDERBILT, V., WAN, Z. M., TEILLET, P., & CARNEGIE, D. Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS. **International Journal of Remote Sensing**, 15(17), 3587– 3620, 1994.

SILVA, R. G.; & RIBEIRO, C. G. Análise da Degradação Ambiental na Amazônia Ocidental: um Estudo de caso dos Municípios do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, vol. 42, nº 01, p.91-110, jan/mar 2004 – Impressa em abril 2004.

SULSOFT - Porto Alegre, Distribuidora exclusiva dos produtos Research Systems Inc. 2004. Disponível em: ≤<http://www.sulsoft.com.br/>≥. Acesso em: 9 novembro 2004.

TOWNSHEND, J.R.G.; & JUSTICE. C. O. Selecting the spatial resolution of satellite sensors required for global monitoring of land transformations. **International Journal of Remote Sensing**, v.9, n. 2, p.187-236, Feb. 1988.

VAN LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A. R.; & LAING, T. W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, 69, p. 264-280, 1999.

VERMOTE, E., EL SALEOUS, N., & JUSTICE, C. (2002). Atmospheric correction of the MODIS data in the visible to middle infrared: First results. **Remote Sensing of Environment**, 83, 97–111.

ZHAN, X.; SOHLBERG, R.; TOWNSHEND, J.R.G.; DIMICELIX, M.L.; CARROL, M.; EASTMAN, E. C.; HANSEN, M.C.; & DEFRIES,

R.S. Detection of land cover changes using MODIS 250m Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 336-350, November 2002.

ZHANG, X.; FRIEDL MARK A., CRYSTAL B. SCHAAF , ALAN H. STRAHLER, JOHN C.F. HODGES, FENG GAO, BRADLEY C. REED & HUETE, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing of Environment**, 84 471–475, 2003.

Recebido em janeiro de 2005 – Aceito para publicação em 15 de maio de 2005.