

Análise comparativa entre os dados gerados pelos sistemas de detecção de desmatamentos para a Amazônia: SIAD e DETER

Marisa Prado Gomes¹
Alcina Maria Nepomuceno²

¹Instituto Pro Ação
SCLN 304, BL C, SL 29, 70736 – 050, Brasília – DF
marisaprado@proacao.org.br

²Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM
SPO, Área 5, Quadra 3, Bloco K, 70610-200, Brasília – DF
alcina.nepomuceno@sipam.gov.br

Abstract. Recent analyses from PRODES/INPE have indicated that deforestation rates in Amazon are increasing systematically since 1970. However, the actions directed to monitor the evolution of the deforestations, and also to contribute in its fiscalization, still are insufficient. In 2004, two projects had been created in the scope to initiate the effective monitoring of the Amazonian region: SIAD/SIPAM and DETER/INPE. These systems use different data and distinct methods of change detection to generate its alert of possible deforested areas. In order to analyze the potential of these systems, this work analyzed the data generated from both systems, for four scenes of CCD/CBERS-2 (June/July, 2005). In the results of this work, DETER presented a lesser tax of rightness (19,23%) in relation to SIAD (62,26%), for the analyzed scenes. However, the both systems compared, presented limitations in monitoring monthly the region, due to spatial resolution data entrance, which, do not allows that small areas are detected.

Palavras-chave: Deforestation, MODIS, SIAD, DETER, Desmatamentos, MODIS, SIAD, DETER.

1. Introdução

Desde o século XX, com deslocamento da fronteira de ocupação do território brasileiro rumo ao norte do país, impulsionado pela abertura de grandes eixos rodoviários e por grandes projetos públicos e privados de colonização, a região Norte passou a ser sistematicamente desmatada.

Segundo dados do projeto PRODES/INPE, o qual realiza a detecção anual de áreas desmatadas na Amazônia a partir de imagens do satélite LANDSAT, as taxas de desmatamento estão aumentando sistematicamente desde a década de 70. Atualmente, a região é alvo de grande preocupação internacional e prioritária quanto à preservação dos seus recursos naturais.

Por outro lado, as ações de prevenção e fiscalização de atividades ilícitas de desmatamento, esbarram em limitações (qualidade e custos dos dados orbitais, disponibilidade de equipamentos robustos, técnicas de processamento dos dados, entre outros fatores) existentes quanto ao monitoramento da evolução e dinâmica das áreas desmatadas, não sendo possível identificar e acompanhar regiões críticas (de tendências) de forma satisfatória (frequentemente).

Em 2004, foram criados dois projetos vinculados ao governo federal, com o objetivo de iniciar o monitoramento efetivo da região Amazônia: SIAD/CENSIPAM e DETER/INPE. Ambos os projetos, estão inseridos no Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Brasileira, de responsabilidade do Grupo Permanente de Trabalho Interministerial (GPTI), coordenado pela Casa Civil.

O SIAD - Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos para a Amazônia Legal (SIAD), é objeto da parceria entre o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia

(CENSIPAM) e a Universidade Federal de Goiás (UFG) e, encontra-se em fase de recebimento e testes pelo CENSIPAM. O DETER - Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real foi desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e, encontra-se em fase operacional, sendo que os dados estão sendo disponibilizados na internet (<http://www.obt.inpe.br/deter>) desde maio de 2004.

Até o momento não existe uma literatura disponível sobre o desempenho desses sistemas, bem como, sobre a qualidade dos dados de desmatamento gerados pelos mesmos. Neste sentido, este trabalho se propõe a realizar uma análise comparativa entre os resultados das detecções geradas pelos sistemas SIAD e DETER.

2. Características dos sistemas SIAD e DETER

O sistema DETER foi desenvolvido com base no emprego de imagens de reflectância do sensor MODIS (produto MOD09), as quais apresentam alta resolução temporal, com uma frequência de cobertura do Brasil de três a cinco dias. A metodologia utilizada para a detecção de áreas desmatadas, é similar a utilizada no projeto PRODES, ou seja, MLME – Modelo Linear de Mistura Espectral, entretanto, com uma frequência de detecção mensal. O sistema SIAD realiza a detecção de desmatamentos a partir da técnica de subtração de Imagens índice de vegetação do sensor MODIS (produto MOD13), as quais possuem uma resolução temporal de 16 dias. Os produtos MOD09 e MOD13 são obtidos gratuitamente na página da Nasa, e possuem uma resolução espacial de 250 metros.

Em ambos os projetos, constam a justificativa para o uso das imagens de resolução moderada em detrimento da resolução temporal dos dados, o que viabiliza uma maior frequência na observação dos desmatamentos e conseqüentemente permite ao Estado planejar as ações preventivas, fiscalizadoras e punitivas em relação aos desmatamentos ilegais.

Esses dois sistemas utilizam diferentes dados de entrada e métodos distintos de detecção de mudanças para gerar alertas de possíveis áreas de desmatadas, inclusive, detectando tamanhos de polígonos diferentes. O DETER gera polígonos com área mínima de a partir de seis (06) hectares e o SIAD a partir de vinte e cinco (25) hectares. Cabe esclarecer que ambos não visam à estimativa da área total desmatada (taxa de desmatamento), pois devido à resolução espacial grosseira dos dados MODIS, os dados não apresentam uma boa exatidão para este tipo de aplicação.

3. Materiais e Métodos

3.1. Áreas de Estudo

Para a realização deste trabalho foram selecionadas quatro cenas do sensor CCD/CBERS-2 situadas na Amazônia (**Figura 1**), como áreas de análise. As cenas foram escolhidas em função do maior número de polígonos de desmatamentos detectados pelos sistemas DETER e SIAD para o período de análise, bem como em razão da qualidade das imagens (cobertura de nuvens).

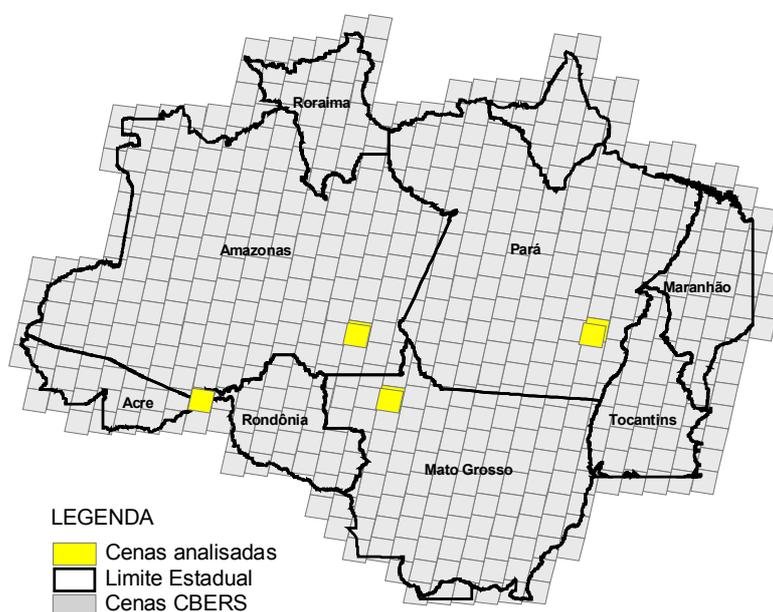


Figura 1. Localização das áreas de análise.

3.2. Dados

Para a realização deste trabalho foram utilizadas imagens orbitais dos sensores MODIS/TERRA, correspondentes aos produtos MOD09 (bandas de reflectância) e MOD13 (imagens NDVI) com resolução espacial de 250 metros, e imagens do sensor CCD/CBERS-2 (bandas 2,3,4), com resolução espacial de 20 metros. As cenas foram obtidas para o período entre de junho e julho de 2005 conforme descritos na **Tabela 1**.

Tabela 1. Dados orbitais utilizados na análise dos polígonos indicativos de desmatamentos.

| IMAGENS | | DATA - T1 | DATA - T2 |
|-------------|---------|--------------------------------|---------------------|
| CBERS/CCD | 178/111 | 10-06-2005 | 01-08-2005 |
| | 170/111 | 08-06-2005 | 30-07-2005 |
| | 172/108 | 02-06-2005 | 24-07-2005 |
| | 162/108 | 06-06-2005 | 28-07-2005 |
| MODIS/TERRA | MOD13 | 10-06-05 a 25-06-05 | 12-07-05 a 27-07-05 |
| | MOD09 | 08/06/05 - 12/06/05 – 30/06/05 | 30-07-2005 |

As imagens CBERS e MOD09 foram obtidas gratuitamente junto ao site do INPE nos endereços <http://www.cbears.inpe.br> e <http://www.obt.inpe.br/deter/dados/> respectivamente. Os dados MOD13 e as cenas GEOCOVER (utilizadas como referência na fase de registro das imagens CCD/CBERS-2) também foram adquiridos gratuitamente nos endereços <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/> e <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/> respectivamente.

Os polígonos de desmatamento do DETER foram adquiridos via web no endereço: <http://www.obt.inpe.br/deter>, estes correspondem à detecção gerada pelo sistema referente à data de 30/07/2005. Os polígonos indicativos de desmatamentos do SIAD foram gerados no SIPAM para o período correspondente, utilizando-se os composites 161 e 193 do produto MOD13.

3.3. Ambientes Computacionais

O software ENVI 4.2 (Environment for Visualization Images) foi utilizado para o registro e realce das imagens CCD/CBERS-2.

O software ARC GIS 9.0 foi utilizado para o processo de inspeção visual dos dados, edição de arquivos vetoriais e para a operacionalização do Módulo de Detecção de Desmatamentos do SIAD. O executável do SIAD foi obtido junto ao SIPAM.

3.4. Metodologia

No pré-processamento, inicialmente, as imagens CCD/CBERS-2 foram restauradas¹, até um certo nível, através do software RESTAU fornecido pelo INPE. Posteriormente, essas imagens foram georreferenciadas com o software ENVI 4.2, utilizando-se como base às imagens GEOCOVER. Foram adotados o interpolador vizinho mais próximo e o polinômio do primeiro grau no registro.

Os dados registrados para o sistema de coordenadas UTM e DATUM SAD-69, foram re-projetados para o sistema de coordenadas geográficas e DATUM WGS-84 para serem integrados aos dados do SIAD e DETER. As imagens foram também realçadas através de uma operação de contraste linear, com o objetivo de melhorar a qualidade visual das feições.

Para a geração dos dados desmatamento do SIAD, foi instalado o executável do sistema no software ARC GIS 9.0, no qual foi operacionalizada a detecção de desmatamentos para o período de análise. Os dados do DETER foram obtidos via *download* do site do INPE. Os arquivos vetoriais de desmatamento de ambos os sistemas foram então recortados para as áreas de análise, e teve início o processo de inspeção visual dos dados.

As análises visuais dos polígonos indicativos de desmatamentos tiveram como base, principalmente, as imagens do CCD/CBERS-2 com resolução espacial de 20 metros, para uma melhor aferição dos resultados. Pois, devido à baixa resolução espacial (250 metros) dos dados referentes aos mosaicos RGB dos produtos MOD09 e MOD13 dos respectivos sistemas, esta análise poderia ficar comprometida.

A legenda adotada para a classificação dos polígonos correspondeu às classes de “Possíveis Desmatamentos” e “Falsos Desmatamentos”, esta última, subdividida nas subclasses “Área de Uso” e “Floresta”. Para cada arquivo vetorial, SIAD e DETER referente à respectiva cena CBERS, foi gerado um campo análise na tabela de atributos, o qual foi preenchido com a informação da classe a qual pertencia o polígono.

Foram considerados também os casos de interseção de polígonos SIAD e DETER, e os erros de omissão. Neste sentido, foi gerado um novo arquivo vetorial contendo polígonos indicativos de desmatamento, identificados visualmente pelo analista através das imagens CBERS. Esses dados foram cruzados com as detecções SIAD e DETER (dados já filtrados por análise visual), possibilitando visualizar as áreas de intersecção e omissão dos dados.

Para a apresentação de resultados consistentes em relação à análise comparativa entre os dois sistemas, os polígonos gerados pelo sistema DETER menores que 25 ha foram desconsiderados da análise, uma vez que o SIAD considera apenas polígonos com área mínima superior a 25 ha.

¹ Recuperação do sinal original que foi degradado durante o processo de formação de imagens. Esta degradação faz com que as imagens apresentem um aspecto borrado, que caracteriza a perda de detalhes.

4. Resultados e Discussões

4.1. Análise quantitativa

Os resultados das detecções DETER e SIAD, para o período de análise, e os resultados de aferição dos polígonos baseado na análise visual com base nas cenas CBERS-2, estão apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Resultados das detecções e das análises visuais para as áreas ≥ 25 ha.

| Detecções | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|------|---------|------|---------|------|---------|------|--------------|------|
| Cenas CBERS-2 | 178/111 | | 170/111 | | 172/108 | | 162/108 | | TOTAL | |
| Sistemas | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD |
| Nº polígonos | 36 | 16 | 48 | 15 | 20 | 10 | - | 12 | 104 | 53 |
| Área mínima (ha) | 28,15 | 26,7 | 28,77 | 26,7 | 27,94 | 26,9 | - | 26,9 | | |
| Área máxima (ha) | 308,86 | 69,6 | 732,85 | 439 | 227,65 | 113 | - | 135 | | |
| Área media (ha) | 53,59 | 38,1 | 116,97 | 79,5 | 94,33 | 41 | - | 62,8 | | |
| Análise Visual | | | | | | | | | | |
| Indicativo de Desmatamento | 04 | 04 | 09 | 14 | 07 | 10 | - | 05 | 20 | 33 |
| Falsas Detecções | Áreas de uso | 32 | 10 | 38 | 01 | 08 | 0 | - | 04 | 78 |
| | Floresta/Floresta | 0 | 0 | 01 | 0 | 03 | 0 | - | 0 | 04 |
| Não analisado | 0 | 02 | 0 | 0 | 02 | 0 | - | 03 | 02 | 05 |
| TOTAL | 36 | 16 | 48 | 15 | 20 | 10 | - | 12 | 104 | 53 |

De acordo com os resultados apresentados acima, verifica-se que o sistema DETER obteve um maior número de polígonos detectados (104) em relação ao SIAD (53). Entretanto, em relação à cena 162/108 o DETER não obteve nenhuma detecção, caracterizando, para este caso, em erros de omissão.

De acordo com o resultado das análises visuais, verifica-se que, dos 104 polígonos detectados pelo DETER, somente 20 (19,23%) foram considerados como sendo possíveis desmatamentos, e dos 53 polígonos detectados pelo SIAD, 33 (62,26%) foram considerados como possíveis desmatamentos. Assim, conclui-se que o sistema DETER obteve uma menor taxa de acerto (19,23%) em relação ao SIAD (62,26%) na detecção dos polígonos indicativos de desmatamento para as cenas analisadas.

A **Tabela 3** apresenta o resultado da análise visual das quatro cenas CCD/CBERS-2, realizada com a finalidade de se verificar possíveis polígonos indicativos de desmatamento, não detectados (erros de omissão) por ambos os sistemas.

Tabela 3. Resultados da análise visual das cenas CCD/CBERS-2.

| Cenas CCD/CBERS-2 | 178-111 | 170-111 | 172-108 | 162-108 | Total |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Nº polígonos indicativos de desmatamentos | 54 | 200 | 65 | 31 | 350 |
| Área mínima (ha) | 2,04 | 1,62 | 2,71 | 7,32 | |
| Área máxima (ha) | 73,89 | 607,40 | 262,53 | 301,11 | |
| Área média (ha) | 16,59 | 26,05 | 28,68 | 46,75 | |

A quantidade de polígonos, indicativos de desmatamentos, identificados visualmente pelo analista (350 polígonos) é superior a quantidade detectada por ambos os sistemas, DETER = 161 e SIAD = 53 (**Tabela 2**). No entanto, verificou-se que as áreas mínimas observadas diminuíram significativamente, sendo identificados polígonos com área mínima a partir de 1,62 ha. Esse fato implica na não detecção dessas áreas pelos sistemas SIAD e DETER, devido resolução espacial grosseira dos dados de entrada utilizados por ambos.

Para a verificação do erro de omissão associado aos sistemas, com base na análise visual, foram excluídas as áreas menores que 25 ha (**Tabela 4**).

Tabela 4. Resultado da análise visual para área mínima ≥ 25 ha.

| Cenas CCD/CBERS-2 | 178-111 | 170-111 | 172-108 | 162-108 | Total |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Nº polígonos indicativos de desmatamentos | 12 | 42 | 28 | 15 | 97 |
| Área mínima (ha) | 25,25 | 25,11 | 25,09 | 25,14 | |
| Área máxima (ha) | 73,89 | 607,40 | 262,53 | 285,41 | |
| Área média (ha) | 39,91 | 82,51 | 49,67 | 78,5 | |

Observa-se que houve uma redução significativa na quantidade de polígonos indicativos de desmatamentos quando eliminados os polígonos menores que 25 ha, ou seja, de 350 para 97 polígonos, o que representa uma redução de (72,29%).

Entretanto, o principal objetivo desta análise é saber se os sistemas DETER e SIAD cometeram um erro considerado grave, a omissão, ou seja, não detectar áreas que de fato foram desmatadas. Para tanto, foi realizada a interseção entre as detecções SIAD e DETER (filtradas pela análise visual) e dos polígonos identificados através da inspeção visual das imagens CCD/CBERS-2, ambos para área mínima ≥ 25 ha (**Tabela 5**).

Tabela 5. Resultado da interseção entre as detecções SIAD e DETER x Polígonos resultantes da inspeção visual das imagens CCD/CBERS-2.

| Detecções SIAD e DETER | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------|-------------|
| Cenas CBERS-2 | 178-111 | | 170-111 | | 172-108 | | 162-108 | | Total | |
| Sistemas | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD |
| Nº polígonos detectados | 36 | 16 | 48 | 15 | 20 | 10 | - | 12 | 104 | 53 |
| Nº polígonos indicativos de desmate | 04 | 04 | 09 | 14 | 07 | 10 | - | 05 | 20 | 33 |
| Análise visual das imagens CCD/CBERS-2 | | | | | | | | | | |
| Polígonos indicativos de desmate | 12 | | 42 | | 28 | | 15 | | 97 | |
| Intersecção dos dados - Erros de omissão | | | | | | | | | | |
| Sistemas | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD | DETER | SIAD |
| Nº polígonos omitidos | 08 | 08 | 33 | 28 | 21 | 18 | 15 | 10 | 77 | 64 |

De acordo com a **Tabela 5**, verifica-se que os sistemas DETER e SIAD foram bastante omissos quanto à detecção de possíveis polígonos indicativos de desmatamentos.

Dos 97 polígonos indicativos de desmatamentos, segundo a análise visual das imagens CBERS-2, o DETER e o SIAD omitiram 77 e 64 polígonos, respectivamente, o que representa em termos percentuais um erro de omissão de 79,38% e 65,98% respectivamente para o período considerado.

Neste contexto, pode-se inferir que o dado utilizado pelos sistemas não apresenta resolução espacial suficientemente satisfatória para obter um resultado que atenda as necessidades de um programa de monitoramento de desmatamento em tempo quase real, pois existe uma grande limitação quanto à frequência das detecções dos sistemas, neste caso, para o período de um mês.

4.2. Análise qualitativa

A análise qualitativa dos padrões de ocorrência dos polígonos detectados pelos sistemas SIAD e DETER foi realizada através da análise visual das cenas CCD/CBERS-2, MOD09 e MOD13.

Os padrões encontrados durante as análises, correspondentes às classes “Possíveis Desmatamentos” e “Falsos Desmatamentos”, bem como padrões de interseção e omissão de polígonos estão representados na **Figura 2**.

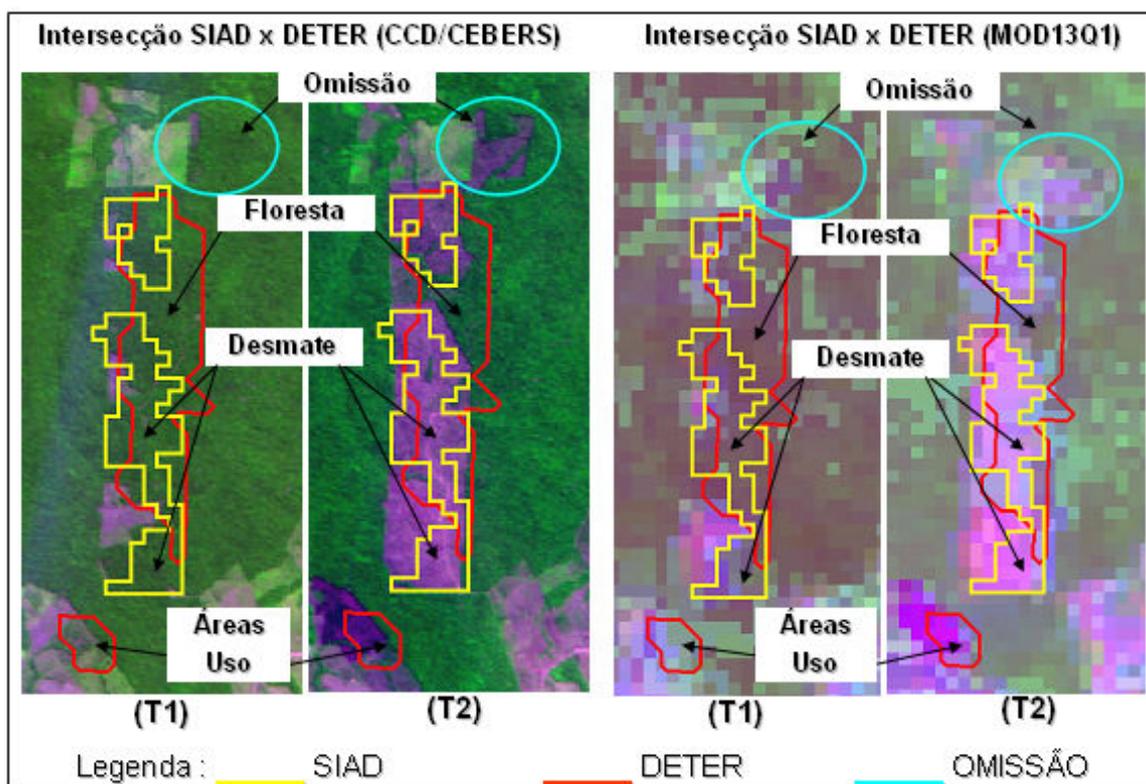


Figura 2. Padrões visuais dos polígonos detectados pelos sistemas SIAD e DETER.

De acordo com a **Figura 2**, verifica-se que a tonalidade de verde, padrão para a floresta primária, sofreu uma perda significativa de biomassa, o que foi considerado como “Desmatamentos”. Quanto às áreas de uso estabelecido, detectado como desmate por ambos os sistemas, verificou-se que a variação na tonalidade do rosa claro para rosa escuro, bem como do verde claro para o rosa, correspondiam respectivamente as áreas que sofreram uma limpeza (áreas de cultivo agrícola) ou de possíveis rebrotas da floresta (capoeira).

Quanto às áreas correspondentes à subclasse Floresta, verificou-se por meio das imagens, que embora a tonalidade de verde tenha apresentado mudança nas cenas de diferentes datas, não houve um padrão de desmatamento. Pode ter ocorrido uma diferenciação no padrão de iluminação captado pelo sensor na data da aquisição do dado. Apenas nos dados do DETER

verificou-se o padrão Floresta/Floresta ocorrendo isoladamente em um polígono, para o SIAD este fato ocorreu interligado as falsas detecções em áreas de uso.

5. Conclusões e recomendações

Para o período (junho/julho de 2005) e os parâmetros utilizados neste trabalho (detecção mensal e área mínima maior que 25 ha), o sistema DETER apresentou uma menor taxa de acerto (19,23%) em relação ao SIAD (62,26%) para as cenas analisadas. No entanto, ambos os sistemas apresentaram limitações na detecção de áreas pequenas, estando à maioria dessas áreas relacionadas a falsas detecções (ruídos). Esse fato pode ser explicado devido à resolução espacial de 250 m dos dados utilizados pelos sistemas. Além das falsas detecções, os sistemas também apresentaram erros de omissão para as cenas analisadas.

Esses resultados iniciais indicam que os dados utilizados pelos sistemas DETER e SIAD não têm resolução espacial satisfatória para obtenção de um resultado que atenda as necessidades de um programa de monitoramento de desmatamento em tempo quase real.

Recomenda-se que sejam feitas novas análises considerando períodos mais prolongados de detecção (bimestral ou trimestral), bem como testar áreas mínimas de detecção maiores, p. ex: a partir de 50 hectares, visando adequar a capacidade de ambos os sistemas de monitoramento a capacidade dos dados e parâmetros utilizados pelos mesmos.

Deve-se deixar registrado que o problema de detecção de falsos polígonos em áreas de nuvem, região do extremo norte da Amazônia, não está apresentado neste relatório.

6. Bibliografia

Câmara, G.; Valeriano, D.M.; Soares, V.J. **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 24 p.

Ferreira, N.C.; Ferreira, L.G. **Documentação Básica sobre o SIAD – DBS**. Goiânia: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás, 2006. 133 p.

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Moreira, M. A.; Arai, E.; Rudorff, B.F.T.; Anderson, L. °; Santo, F.D.B.E.; Freitas, R.M.; Aulicino, L.C.M.; Maurano, L.R.P.; Aragão, J.R.L. **Detecção de áreas desflorestadas em tempo real: Conceitos básicos, desenvolvimento e aplicação do projeto DETER**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 63 p. (INPE-12288-RPE/796).