

Modificações no método do PRODES para estimar a mudança da cobertura florestal na Bacia Trinacional do Rio Acre na região de fronteira entre Bolívia, Brasil e Peru na Amazonia Sul-ocidental

Mónica Julissa De Los Rios Maldonado¹
Irving Foster Brown^{1,2}
Dalton Valeriano³
Valdete Duarte³

¹ Universidade Federal do Acre - UFAC
Campus Universitario, BR 364, km04 – 69915-900 – Rio Branco - AC, Brasil
monica_julissa@yahoo.com.br

² Woods Hole Research Center – WHRC, Falmouth, MA 02540, EUA
fbrown@uol.com.br

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos – SP, Brasil

Abstract. The Upper Acre River Basin of Bolivia, Brazil and Peru in the center of southwestern Amazonia covers 7590 km² and is one of the few tri-national basins in Amazonia. The PRODES method developed at INPE for the analysis of deforestation was adapted and tested for use in measuring forest cover in the basin. The test used the Landsat TM+ scene 002/67 of 10Aug02 and subsets. Deforested area differed by 4% between analysis at INPE and the unmodified PRODES method used for this study for the entire scene and <3.5% for the subsets. The modification of the PRODES method included: 1) no application of the prior deforestation mask; 2) spatial resolution of 30 m in place of 60 m; and 3) minimum area of 0.36 ha rather than 5.76 ha. The modified PRODES method when applied to the entire Landsat scene resulted in a 14% small deforested area. In comparison with a Quickbird scene of 21Jun02 used for accuracy assessment, the modified PRODES method overestimated the forest area by 16% and underestimated the deforested area by 4%. The total area deforested in the trinational Upper Acre River Basin, using the modified PRODES method was 13% (1014 km²) in 2002.

Palavras-chave: accuracy, deforestation, Amazon, PRODES method, acuracia, desmatamento, método do PRODES, Amazônia.

1. Introdução

A região de fronteira entre Bolívia, Brasil e Peru da Bacia Trinacional do Rio Acre, localiza-se no encontro do Departamento peruano de Madre de Dios, o Estado brasileiro do Acre e o Departamento boliviano de Pando (MAP), na Amazônia Sul-Occidental. É uma das poucas bacias trinacionais existentes no Brasil e está rodeada por rodovias que ligarão o Brasil com portos no Pacífico (Brown *et al.* 2002). Um dos principais impactos que a melhorada Estrada Interocêanica poderá influenciar será o desflorestamento legal e ilegal, além de outras como degradação da floresta, e a promoção da exploração intensiva legal e ilegal de madeira pelos pequenos e médios madeireiros que já têm atividades na região, como já ocorreu no Brasil (Dourejani, 2006).

Várias técnicas de processamento de imagens têm sido desenvolvidas para monitoramento destas mudanças, principalmente do desflorestamento (Stone e Schlesinger, 1990; Skole e Tucker, 1993; Duarte *et al.* 1999; Costa e Souza Jr., 2005). Porém, existem sérias divergências entre os valores para estimativas de desflorestamento, que podem estar associadas à aplicação de métodos diferentes, com uso de diferentes sensores e escalas de mapeamento, até a definição operacional do que se chama desflorestamento (Fearnside, 1996).

A técnica desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE para o Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) gera os dados oficiais de desflorestamento na Amazônia brasileira desde 1978. Estes dados servem como subsídios para indicar a eficiência das políticas de controle de desmatamento na Amazônia Legal. Atualmente esta sendo adotado como base para implementar o Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (DETER), de monitoramento e alerta de desflorestamento, em formações florestais tropicais (Shimabukuro, 2005). Por tanto o PRODES pode ser uma ferramenta potencial para gerar dados sobre desflorestamento da bacia do Alto Acre, como forma de subsídio para promover o seu gerenciamento integrado.

No entanto, as controvérsias geradas a partir do uso dos dados do PRODES numa reportagem sobre desmatamento no Acre (Coutinho, 2003), a qual propiciou a correção da taxa de desflorestamento para a cena 00267 do ano 2002, em aproximadamente 50%, nos induziu a formularmos as seguintes perguntas: 1) qual é a reprodutibilidade e a acurácia dos dados do PRODES? e 2) o método do PRODES serve para mapear mudanças da cobertura florestal ao nível da bacia?

O objetivo deste trabalho é responder as perguntas anteriores através da avaliação da acurácia (aproximação de uma observação ou medida do valor verdadeiro) e a precisão ou reproductibilidade (o grau de concordância de uma série de observações) (Mowrer, 1999). Uma vez que testar a reprodutibilidade do PRODES significa mostrar seu potencial como método consistente para ser usado por instituições dos outros países na geração de dados de desflorestamento, proporcionando um único método para gerar informações sobre a ocupação e uso da Bacia Trinacional do Alto Acre.

2. Materiais e Métodos

Para avaliação da reprodutibilidade do PRODES, utilizamos a imagem Landsat 7 cena 002/67 de 10 de agosto de 2002 fornecida pelo INPE previamente georeferenciada no DATUM SAD'69. Para verificação da aplicação do PRODES em áreas menores e sua capacidade de mapear áreas desflorestadas proveniente dos diferentes tipos de uso da terra na bacia foram escolhidas duas áreas, usando as seguintes coordenadas UTM (WGS 84): 1. Área Teste 1: X1 598.525, Y1 8.815.163, X2 654.025, Y2 8.872.943; 2. Área Teste 2: X1 514.552, Y1 8.792.602, X2 597.832, Y2 8.455.342. A cena cobre a parte mais antropizada do leste do Acre e está cortada por dois eixos de integração: a BR 364 que liga o Acre ao restante do Brasil e a BR 317 que faz parte da Estrada Interoceânica. A possibilidade de reduzir a área para análise implica na redução do tempo de processamento e do espaço necessário para armazenamento dos bancos de dados para a Bacia do Alto Acre (**Figura 01**).

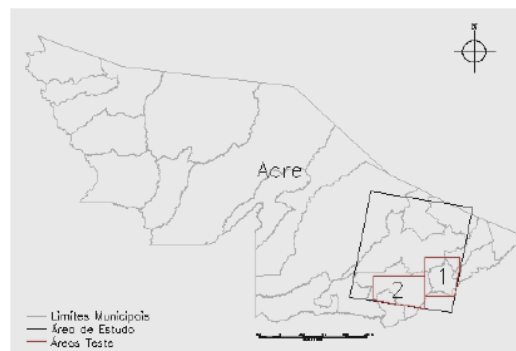


Figura 01. Localização da área de estudo no Estado do Acre, mostrando o contorno da cena 002/67 (linha preta) e das duas áreas teste (linhas vermelhas). Limites de municípios foram mudados em 2004.

Na avaliação da acurácia foi utilizada uma imagem QuickBird de 16 de junho de 2002 que cobre 125 km² da área fronteira entre Bolívia e Brasil e um recorte da mesma área da imagem Landsat, cena 002/68 de 26 de agosto de 2002 fornecida pelo INPE. Estas imagens foram registradas com base em imagens ortoretificadas do Landsat de 1999-2001, DATUM WGS 84, disponíveis na Universidade Federal do Acre. Foram utilizados 36 pontos de controle, com o algoritmo de reamostragem por vizinhança mais próxima com erro menor que um *pixel* para a imagem Landsat e menor que 10 *pixels* para as imagens QuickBird.

Todos os procedimentos para registro e processamento das imagens descritas na **Tabela 1**, foram executados usando o *software* SPRING 4.1 (www.inpe.br).

Tabela 1. Imagens utilizadas nos procedimentos de avaliação de replicabilidade e acurácia do PRODES.

Sensor	Data de aquisição	Orbita/Ponto	Bandas	Resolução espacial
Lansat Ortoretificada ETM+	1999-2001	002/68	3,4 e 5	30 m
Landsat ETM+	10 de agosto de 2002	002/67	3,4 e 5	30 m
	26 de agosto de 2002	002/68	3,4 e 5	30 m
QuickBird	16 de junho de 2002		1, 2 e 4	2,8 m

O PRODES aplica o modelo linear de mistura espectral (MLME) às imagens devidamente registradas, obtendo como resultado imagens fração solo, sombra e vegetação (Shimabukuru e Smith, 1991). As imagens-fração solo e sombra são utilizadas pelo PRODES na detecção do desflorestamento. Estas imagens-fração são reamostradas para um *pixel* de 60 m, além dos desflorestamentos acumulados dos anos anteriores serem bloqueados sobre as mesmas.

As imagens fração mascaradas são segmentadas por crescimento de regiões. Nesta segmentação, somente as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas, segundo um critério de similaridade que segue dois limiares: a) o limiar de similaridade, valor mínimo estabelecido pelo intérprete, abaixo do qual duas regiões são consideradas espectralmente similares e agrupadas em uma única região e b) o limiar de área, valor de mínima dimensão, dado em número de pixels, para que uma região seja individualizada. No caso do PRODES, os limiares de similaridade e de área são 8 e 16, respectivamente. O limiar de área 16 usando pixels de resolução espacial de 60 m, significa que a área mínima a ser mapeada pelo PRODES é de 5,76 ha (16 x 60 m x 60 m).

A classificação é feita usando o classificador não supervisionado ISOSEG de agrupamento de dados não supervisionado, que procura agrupar regiões a partir de uma medida de similaridade entre elas (Moreira, 2003). Os limiares de aceitação são pré-determinados e iguais a 95% ou 90%. Os temas resultantes da classificação são associados às classes previstas no projeto: desflorestamento total, desflorestamento novo, não floresta, floresta, hidrografia e nuvens. Um fotointerprete faz a edição matricial do mapa temático resultante aceitando ou reclassificando os polígonos.

Dois fatores que podem influenciar no mapeamento das áreas de interesse na bacia também foram analisados: a área mínima mapeada pelo método padrão do PRODES e a influência da máscara do desflorestamento dos anos anteriores a 2002. Com esta finalidade, as imagens fração solo e sombra da cena inteira e das áreas teste, mesmo reamostrada para *pixel* de 60 m, não foram mascaradas para logo serem processadas através do método padrão do PRODES. Imagens sintéticas de 1992 foram utilizadas para verificar se as áreas de floresta foram classificadas corretamente ou eram áreas de regeneração.

Para mapear áreas desflorestadas destinadas a atividades de subsistência, menores que as áreas mapeadas pelo PRODES, embora sejam facilmente visíveis na imagem Landsat, foram geradas imagens-fração solo e sombra das Áreas Teste 1 e 2 e da cena inteira, mantendo a resolução espacial de 30 m. Na segmentação adotamos o limiar de área 4, diminuindo a área mínima mapeada de 5,76 ha, pelo método padrão do PRODES para 0,36 ha (4 x 30 m x 30 m), aumentando o detalhamento em área por um fator de 16 vezes. Os limiares de similaridade testados foram 8, 10 e 16 para analisar a sensibilidade dos resultados a este parâmetro.

Para analisar a acurácia dos dados obtidos a partir das modificações do método do PRODES, imagens QuickBird de 16 de junho de 2002 foram utilizadas para gerar dados de referência sobre desflorestamento. Estas imagens possuem uma resolução espacial de 2,8 m, cerca de 100 vezes melhor em termos de área do que a de Landsat (resolução 30 m), permitindo o uso destas imagens QuickBird como referência para determinar a acurácia das imagens Landsat.

Para análise de acurácia de dados, o método do PRODES já modificado, foi aplicado na cena 002/68 do satélite Landsat na região coberta também pela imagem QuickBird (125,3 km²). A composição colorida das bandas 1(azul), 2(verde) e 4(infra-vermelho próximo) da imagem QuickBird foi definida como sendo a melhor para reconhecer e identificar – por parâmetros visuais – as tipologias presentes na área de estudo.

Regiões com alta rugosidade com coloração vermelho escuro foram classificadas como floresta. Regiões com textura pouco rugosa a lisa com coloração vermelho claro a verde e cinzas foram considerados como desflorestamento. A classe desflorestamento inclui, áreas abertas, áreas com algum tipo de regeneração e áreas queimadas.

O limiar de área para segmentação da imagem Quick Bird foi de 461 (461 x 2,8 m x 2,8 m = 0,36 ha) para respeitar a área mínima mapeada, a partir das imagens Landsat (quatro pixels = 0,36 ha). Para incluir matas ciliares que, segundo a lei florestal do Brasil, devem ter um mínimo de 30 m em cada margem dos igarapés, foi realizado um teste para verificar se o limiar de área utilizado na segmentação era mínimo o suficiente para separar estas áreas de interesse na bacia. Para isto foi feita a segmentação usando como limiar de similaridade 8 e de área 115 (115 x 2,8 m x 2,8 m = 0,09 ha) que é o equivalente a um pixel de 30 m do satélite Landsat.

O resultado das duas classificações foi comparado através de uma matriz de erro. A disposição dos dados da classificação e da fonte de referência é eficaz para mostrar a acurácia geral do mapa e a acurácia relacionada a cada classe (Congalton and Green 1999).

3. Resultados

O valor do incremento de desflorestamento encontrado com a reproductibilidade para a cena 002/67 foi de 249,6 km². Isto é 3,7% (8,9 km²) de diferença com relação ao dado produzido pelo INPE (240,66 km²) após a revisão para esta cena (INPE, 2004). Existem polígonos incluídos na classe floresta no processo de reproductibilidade que foram considerados como floresta na classificação do INPE e polígonos classificados como desflorestamento no processo de reproductibilidade que foram considerados como floresta na classificação do INPE (**Tabela 2**), ficando de certa forma compensatórios.

As divergências na classificação acontecem principalmente em áreas que apresenta características de áreas alteradas embora a coloração não seja rosa claro ou escuro, apresentando ainda dentro do polígono vestígios de algum tipo de vegetação, mais que não é característica de uma vegetação florestal. Em outros casos, a divergência esta nas bordas dos polígonos de desflorestamento.

Tabela 2. Matriz de confusão de comparação entre as estimativas do PRODES (polígonos disponíveis na internet – www.inpe.br) e da reproductibilidade do método para cada classe considerada na classificação. DSF 2002 – Desflorestamento de 2002, FLOR – Floresta, NV 2002, DSF 02 – NV01 – Desflorestamento em 2002 que era Nuvem em 2001.

Dados do Processo de Reproductibilidade	Dados do INPE				
	DSF 2002	FLOR 2002	NV 2002	DSF 02 – NV01	Total
DSF 2002	193,2	40,8		0,8	234,9
FLOR 2002	32,5	18.561,1	0,4	3,8	18.597,8
NV 2002			1,3		1,3
DSF 02 – NV01				24,5	24,5
Total	225,7	18.602,0	1,7	29,1	18.858,5

A diferença encontrada neste trabalho é pequena $(1-(234.9/225.7) = -4\%)$ se comparada com a diferença de 63%, encontrada entre o valor das taxas da primeira estimativa publicada pelo INPE (704,3 km²; INPE, 2003) e a revisão (263,5 km²) feita pela mesma (INPE, 2004). Estas diferenças podem estar associadas ao grau de conhecimento das diferentes feições existentes nas cenas analisadas na fase de edição matricial quando a classificação depende da habilidade de reconhecimento destas feições pelo fotointerprete. Áreas com predominância de bambu, que geralmente são extensas, podem ser confundidas com desflorestamento antigo ou capoeiras. Isto pode aumentar significativamente os valores das estimativas. Para a área coberta pela cena 002/67 de 2002, esta pode ser a explicação do erro de inclusão.

Comparando o resultado das áreas teste 1 e 2 com a estimativa para essas áreas a partir do processamento da cena inteira, a diferença encontrada foi inferior a 3,5 % (**Tabela 03**).

Tabela 3. Comparação das estimativas geradas a partir da aplicação da metodologia nas áreas teste 1 e 2 (Dados desagregados) e o recorte da estimativa gerada a partir da análise da cena inteira para estas áreas (dados agregados).

Área teste	Desflorestamento total		Km ²	Diferença	
	Dados Desagregados	Dados Agregados		%	
Área teste 1	1297,9	1253,9		43,9	3,4
Área teste 2	1080,3	1072,2		8	0,7

A área total desflorestada, porém, diminuiu em 6 % a 18 % sem aplicação da máscara (**Tabela 04**). A diferença foi maior na área teste 2 por apresentar algumas manchas de floresta dentro de grandes polígonos de desflorestamento que foram cobertos pela máscara.

Tabela 4. Comparação das estimativas geradas a partir da aplicação da método padrão do PRODES nas áreas teste 1 e 2 e da cena inteira com e sem máscara.

Área teste	Km ²		Diferença	
	Com máscara	Sem máscara	%	
Área teste 1	1297,9	1219,9	78	6
Área teste 2	1080,3	882,9	199,3	18,3
Cena inteira	7013,5	6485,6	536,1	7,5

As fontes destas divergências podem estar associadas com o padrão de desmatamento realizado nas duas áreas teste. A área teste 1, mais próxima de Rio Branco, capital do Estado, tem uma ocupação consolidada e a área teste 2, teve uma ocupação desordenada no passado, fazendo com que áreas desmatadas no passado estejam em estado de regeneração, sendo classificadas como floresta, quando não se aplica a máscara com o desflorestamento anterior. Outra fonte de divergência pode estar associada à generalização a partir da digitalização do PRODES analógico.

As alterações testadas (sem mudar a base metodológica) como os limiares de similaridade e de área para a segmentação por crescimento de regiões, mostraram que as diferenças estão principalmente na capacidade de melhor mapear áreas de regeneração e seus contornos. A segmentação com limiares de similaridade 8 e de área 4 (0,36 ha), conservou melhor os contornos e melhorou o mapeamento de pequenas áreas de desflorestamento predominantes em áreas da Reserva Extrativista Chico Mendes (**Figura 02 - b**).

Para a área teste 2, a aplicação do método com as alterações (4 pixels), sem máscara dos anos anteriores a 2002 e uma resolução espacial de 30 m, a área total de desflorestamento é de 928,9 km². Esta estimativa foi menor em 5% com a aplicação do método padrão PRODES (16 pixels e 60 m de resolução espacial), sem aplicação da máscara (882,9 km²). Vê-se que há um aumento da estimativa de área desflorestada em 5% usando a resolução espacial mais fina. Mas, em comparação com o método padrão do PRODES incluindo a aplicação da máscara (1080,2 km²), vê-se que a estimativa do PRODES é aproximadamente 14% maior. Generalizações no mapeamento visual e florestas em estágio avançado de regeneração podem ser causas destas divergências.



Figura 02. (a) Detalhe da classificação com o procedimento padrão do PRODES (resolução espacial = 60 m), mostrando exemplos de áreas que ficaram fora da estimativa. Os polígonos em amarelo são da máscara com o desflorestamento dos anos anteriores. (b) Detalhe da classificação com o procedimento já modificado (resolução espacial = 30 m), mostrando a inclusão dessas áreas e exclusão de outras com fisionomia florestal. Os polígonos em amarelo referem-se à extensão de desflorestamento antes do ano 2002.

O aumento da resolução possibilitou incluir pequenas áreas desflorestadas na estimativa da extensão do desflorestamento, por isto foi verificado um aumento dessa estimativa. No entanto, embora tenhamos maior resolução, ao comparar a estimativa com a que foi gerada a partir do método padrão do PRODES com aplicação da máscara, vemos que há O aumento da resolução possibilitou incluir pequenas áreas desflorestadas na estimativa da extensão do desflorestamento, por isto foi verificado um aumento dessa estimativa. No entanto, embora tenhamos maior resolução, ao comparar a estimativa com a que foi gerada a partir do método padrão do PRODES com aplicação da máscara, vemos que há um aumento também. Isto ocorre por que foi possível excluir dessa estimativa, fragmentos florestais que foram encobertos pela máscara.

Para a análise de acurácia, a comparação visual feita entre as imagens do QuickBird segmentadas com limiares de área 461 (461 x 2,8 m x 2,8 m = 0,36 ha) e 115 (115 x 2,8 m x 2,8 m = 0,09 ha) mostraram que o agrupamento mais detalhado não melhorou a classificação na imagem QuickBird. Conseqüentemente, apenas a imagem segmentada com limiar de área 461 foi classificada para fins de análise de acurácia.

A análise da acurácia dos dados obtidos a partir do mapeamento gerado com as modificações no método do PRODES, isto é área de mapeamento igual a 4 *pixels* e 30 m de resolução espacial e sem aplicação da máscara, com as imagens de referência do QuickBird estão expressas na **Tabela 05**.

Tabela 5. Matriz de confusão de acurácia das áreas em KM² obtidas para as classes: DSF – Desflorestamento; HIDRO – Hidrografia; NV – Nuvens; FLOR – floresta.

Classes do Landsat	Imagens de referencia (QuickBird)				Total
	DSF	HIDRO	NV	FLOR	
DSF	84,4	0,4	0,3	6,3	91,3
HIDRO	0,5	1,1	0,1	0,2	1,8
FLOR	10,5	0	0,3	20,9	31,7
Total	95,4	1.5	0,6	27,3	124,8

O cruzamento de PI's através da matriz de erro, tomando como verdade de referência a classificação da imagem do QuickBird, resultou numa acurácia geral de 86% e conseqüentemente um erro geral de 14%. Em termos de área desmatada a diferença é (1- 91.3/95.4) 4%. O erro de inclusão para floresta (floresta na classificação e desflorestamento na referência com relação à floresta na classificação) é de 23% e o erro de omissão (floresta na referência e não floresta na classificação) 40%. Para a classe desflorestamento, o erro de inclusão (desflorestamento na classificação e floresta na referência) é de 7% e de omissão (desflorestamento na referência e floresta na classificação) 11%. Superestimando desta forma a área de floresta em 16% através da classificação com as modificações e subestimando a área desflorestada em 4% (1- 91.3/95.4) porque os erros de omissão e comissão se compensam parcialmente. Estes erros relativos de inclusão e omissão, estão em função parcialmente do nível de desflorestamento da imagem analisada. Com cerca de três quartos da imagem desflorestada, é para esperar erros menores relativos a desflorestamento do que erros relativos à classe floresta.

4. Conclusões

O grau de reprodutibilidade do PRODES encontrado foi de 4% em comparação com a análise feita no INPE para a cena inteira 002/67 e menor que 3,5% para os cortes menores, tendo precisão suficiente para ser utilizado por outras instituições para a geração de informações para a Bacia do Alto Rio Acre numa escala de 1:250.000.

As diferenças encontradas entre o método padrão do PRODES com e sem máscara e o método modificado sugerem uma superestimativa da extensão do desflorestamento pelo método padrão do PRODES a partir da aplicação da máscara e uma subestimativa sem sua aplicação.

Para geração de dados sobre o desflorestamento decorrente dos diferentes tipos de uso da terra na Bacia Trinacional do Alto Rio Acre é necessário que o método padrão do PRODES receba algumas adaptações, tais como: 1) não aplicação da máscara com desflorestamento dos anos anteriores ou aprimoramento da mesma para o nível de detalhe requerido; 2) resolução espacial 30 m; 3) área mínima de 0,36 ha. Aplicando esta modificação, houve uma diminuição

de 14% na extensão da área desflorestada, em uma das áreas teste, em comparação com o método padrão, incluindo aplicação da máscara e um aumento de 5% sem sua aplicação.

Os resultados da análise de acurácia mostrou somente 4% de diferença na área desflorestada comparando o método modificado aplicado a imagens Landsat e Quickbird, porém esta baixo valor é um produto em parte de erros de inclusão e de omissão que se cancelam.

Referências

Brown, I. F., Brilhante, S.H.C., Mendoza, E.; Oliveira, I. R. Estrada de Rio Branco, Acre, Brasil aos Portos do Pacífico: Como maximizar os benefícios e minimizar os prejuízos para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Sul- Ocidental. In: TIZÓN A. W.; DUARTE R. S. G. (Ed.). **La Integración Regional Entre Bolívia, Brasil y Peru**. Lima: Editora CEPEI (Centro Peruano de Estudios Internacionales). Série: Seminarios, Mesas Redondas y Conferencias No. 25. 2002. p. 281-296.

Congalton, R. G.; Green, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. 1999. Florida: Lewis Publishers. 1999. 137p.

Costa, A. Da S.; Souza Jr., C. Comparação entre imagens Landsat ETM + E MODIS/TERRA para detecção de incrementos de desmatamento na região do Baixo Acre. **Revista Brasileira de Cartografia**, Junho 2005. Disponível em: <http://www2.prudente.unesp.br/rbc/_next/P81.pdf> Acesso em: Jul. 2005.

Coutinho, L. O crime da motosserra: o desmatamento cresce como nunca no Acre enquanto o PT faz o governo da floresta. **Veja, Ambiente**. 24 de setembro de 2003. p. 115.

Duarte, V.; Shimabukuro, Y.E.; Santos, J.R.; Mello, E.M.K.; Moreira, J.C.; Moreira, M.A; Souza, R.C.M.; Shimabukuro, R.M.K.; Freitas, U.M. **Metodologia para criação do PRODES Digital e do banco de dados digitais da Amazônia – Projeto BADDAM**. São José dos Campos: INPE, 1999. 33p. (INPE-7032-PUD/035).

Marc Dourojeanni. Impactos socioambientales probables de la carretera transoceánica (Río Branco-Puerto Maldonado-Ilo) y la capacidad de respuesta del Perú. **Boletín- (EN)CLAVES INSOSTENIBLES: tráfico, género, gestión y toma de decisiones** <<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n19/amdou.html>> Acesso em: outubro de 2006.

Fearnside, P. M. Desmatamento na Amazônia. Quem tem razão nos cálculos – o INPE ou a NASA?. **Ciência Hoje**, v. 16, n. 96. 1996.

INPE (Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira. http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_2001_2002.htm Acesso em: set. 2003.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira. <<http://www.obt.inpe.br/prodes.htm>> Acesso em: jun. 2004.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2a. ed. Viçosa: UFV. 307p. 2003.

Mowrer, H. T. Accuracy (Re)assurance: Selling uncertainty assessment to the uncertain. In: LOWELL K.; JATON, A. (Eds). **Spatial accuracy assessment: land information uncertainty in natural resources**. Chelsea, Michigan: Ann Arbor Press. 1999. p. 3-10.

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. IEEE. **Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, Jan. 1991.

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

Skole D, Tucker C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science** 260:1905–10.

Stone, T. A.; Schlesinger, P. Monitoring deforestation in the tropics with NOAA AVHRR and Landsat data. In: **International Symposium On Primary Data Acquisition**. v. 28. p. 197 –202. 1990.