

AVALIAÇÃO DE DADOS DE RADAR (JERS-1) NO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Ana Carolina Bufalo¹
Dalton de Morisson Valeriano¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
{carol, dalton}@dsr.inpe.br

Abstract: Cloud cover in optical observations of the Brazilian Amazon is very common. The example of the state of Amapá is very useful, because the probability of an observation per year at 30% cloud cover is close to zero. In this way, synthetic aperture radar presents as a powerful mechanism to mapping deforestation in tropical regions, such as the Brazilian Amazon. Therefore, JERS-1 SAR mosaics provided by the Global Rain Forest Mapping (GRFM) were utilized to study the applicability of radar data in the deforestation mapping in that regions. As a result, three accuracy assessments were produced to confirm the purpose of the project, which demonstrated satisfactory results.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, tropical rain forest, deforestation, radar, sensoriamento remoto, processamento de imagens, floresta tropical, desmatamento, radar.

1. Introdução

As áreas de florestas, principalmente as de florestas tropicais, têm enfrentado um período de grandes e rápidas mudanças como resultado de ações antrópicas. Essas mudanças geralmente alteram a cobertura do solo de florestas para áreas agro-pastoris o que implicam em fatores sócio-econômicos não só da região atingida, mas até mesmo em escalas globais, podendo impactar o ciclo do carbono, o patrimônio da biodiversidade e o clima mundial, entretanto esta área ainda necessita de estudos mais precisos sobre esse possível impacto. Portanto, é de extrema necessidade o acompanhamento periódico dos processos de ocupação da região conhecida como “Arco do Desmatamento”, região inserida na Amazônia Brasileira.

A utilização de radares de abertura sintética (SAR) vem para acrescentar mais informações além das já fornecidas pelos dados ópticos. Sabe-se que uma das grandes vantagens da utilização de radares para áreas tropicais está no poder de penetração das nuvens durante o imageamento, uma vez que são constantes nestas áreas por serem regiões bastante úmidas. Dados apresentados por Asner (2001) e gerados a partir das médias dos anos 2000, 2001 e 2002, para reafirmar a necessidade do uso de radar no mapeamento dessas regiões tropicais (**Tabela 1**) mostram a persistente existência de nuvens. O caso mais significativo é o do estado do Amapá em que a probabilidade anual de observação de cenas com pelo menos 30% da área total sem a existência de nuvem é próxima a zero. Outra vantagem é o poder de detecção de mudança da cobertura vegetal e a quantificação e qualificação da estrutura do dossel (Rosenqvist et al., 2003).

O JERS-1 (Japanese Earth Resources Satellite), apesar da curta vida útil (foi lançado em 1992 e parou sua operação em 1998), representou um importante investimento no monitoramento ambiental terrestre. Foi um sensor experimental e que a partir de 2005 terá seqüência através do ALOS (Advanced Land Observing Satellite), outro sensor da Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA). Basicamente quatro programas de radares orbitais (SAR) estão previstos para a próxima década: Radarsat 2 (Canadá), TerraSAR

(Alemanha), LightSAR (EUA) e ALOS (Japão). Com essas possibilidades o trabalho propõe testar, através do sensor JERS-1, a aplicabilidade e sua implementação no PRODES Digital.

Tabela 1 – Média (de três anos) da proporção de cobertura de nuvens na região da Amazônia Brasileira.

Estado	Área total PRODES (km ²)	Soma de nuvens (km ²)	% de nuvens sobre a área do PRODES
Acre	158.745,22	12.299,23	7,75%
Amapá*	142.912,83	101.409,90	70,96%
Amazonas	1.602.042,85	279.207,13	17,43%
Maranhão	335.196,25	43.526,66	12,99%
Mato Grosso	904.869,64	29.787,83	3,29%
Pará	1.246.470,44	258.550,66	20,74%
Rondônia	240.385,65	2.209,78	0,92%
Roraima	226.045,79	84.375,82	37,33%
Tocantins	278.668,21	7,52	0,00%
TOTAL	5.135.336,87	811.374,54	15,80%

* apenas o Estado do Amapá que a média foi de apenas dois anos, devido à ausência de dados referentes ao ano de 2000.

1.1 Área de estudo

A área de estudo situa-se na região de abrangência do “Arco do Desmatamento”, localizado ao norte da cidade de São José do Xingu (MT), região esta que faz fronteira com os estados do Pará (N) e Mato Grosso (S) – Brasil. As coordenadas geográficas da área são: 09° 30’ 17” a 10° 43’ 44” latitude Sul e 53° 46’ 11” a 51° 57’ 34” longitude Oeste (**Figura 1**). As áreas localizadas nas proximidades do N/NE do Estado do Mato Grosso e Sul do Pará são áreas de ocupação relativamente antigas, em torno de 30-35 anos. São áreas conhecidas por frentes de ocupação consolidadas.

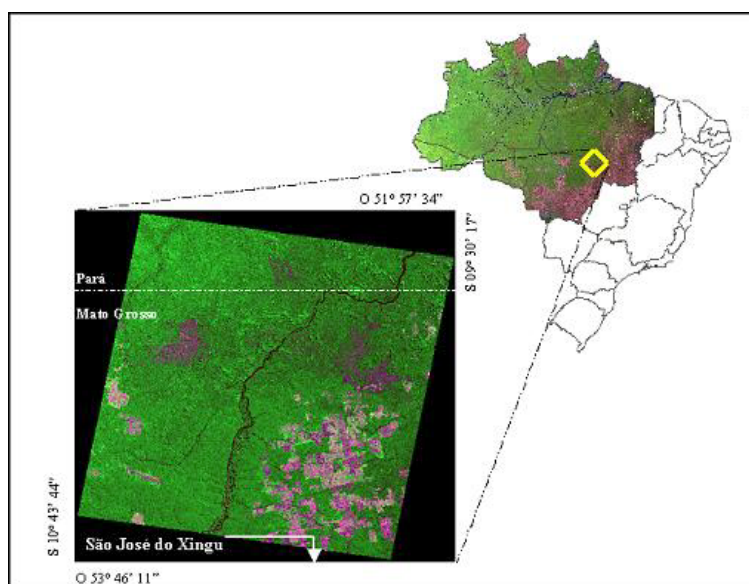


Figura 1 - Localização da área em composição colorida (TM3-R, TM4-G, TM5-B).

2. Materiais

2.1 Dados orbitais

No trabalho foram utilizadas 4 cenas (120, 121, 126 e 127) obtidas pelo sensor de abertura sintética (SAR) JERS-1, banda L, com 23 cm de largura de banda, polarização HH e resolução espacial de 100m, provenientes do mosaico do projeto GRFM (Global Rain Forest Mapping) datadas no mês de outubro de 1995 e cenas Landsat TM (bandas 3, 4 e 5), adquiridas em 19 de junho de 1994, 08 de julho de 1995, 10 de setembro de 1995 e 12 de outubro de 1995.

A área de estudo foi selecionada em função da disponibilidade de dados Landsat sem cobertura de nuvem, previamente utilizada no PRODES Analógico e de dados Landsat antes e após a passagem do JERS-1 no ano de 1995.

2.2 Software utilizado

O software ENVI versão 4.0 foi utilizado para o registro das imagens que posteriormente foram importadas para o software SPRING versão 4.1 desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), em ambiente Windows, onde foram realizados os demais processamentos digitais de imagens.

3. Metodologia

A metodologia pode ser especificada em três etapas (**Figura 2**): a) processamento das imagens ópticas para obtenção dos incrementos de desmatamentos a partir da metodologia do PRODES Digital (Valeriano et al. 2004, INPE s.d.), b) processamento das imagens de radar para detecção de desmatamento e c) comparação entre os resultados e aferição de exatidão.

3.1 Metodologia PRODES Digital

Inicialmente as imagens foram corrigidas geometricamente utilizando-se o software ENVI. Nessa etapa, utilizou-se como imagem de referência uma cena Landsat previamente georreferenciada, fornecida pela Universidade de Maryland, (<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>), datada em 20/07/1988, enquanto que as imagens Landsat TM utilizadas no trabalho foram corrigidas geometricamente, utilizando, em média, 10 pontos de controle bem distribuídos, geralmente em áreas bastante distinguíveis de drenagens e de cruzamentos de estradas. Terminada a etapa do registro das imagens, realizou-se a importação das imagens do ENVI para o projeto criado no SPRING.

Após a importação das imagens para o SPRING, aplicou-se a metodologia do modelo linear de mistura espectral (MLME). O MLME corresponde à identificação da proporção do padrão de resposta espectral dos diferentes alvos que compõe um elemento da cena, usando a resposta espectral das bandas originais do Landsat TM, para gerar imagens-fração de três componentes (Shimabukuro et al., 1998). Em áreas cobertas por vegetação seminatural, a variabilidade natural em um pixel de 20 ou 30 m incluirá diferentes tipos de coberturas, como herbáceas, solo exposto, arbustos, árvores e água (Mather, 1999). Dessa maneira, o sensor capta a radiância integrada de todos os objetos existentes na cena, sendo denominados de componentes da mistura (INPE, 1996).

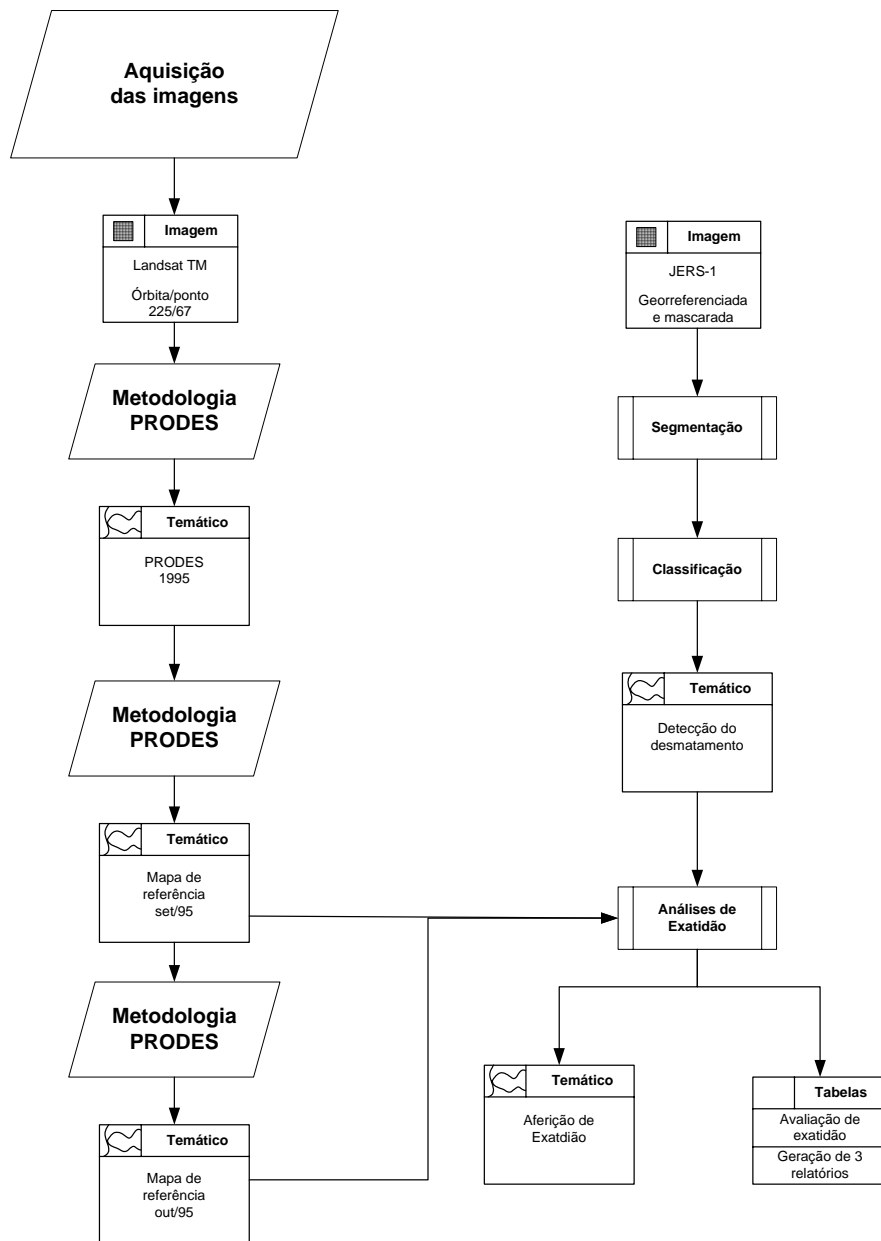


Figura 2 - Fluxograma proposto para a metodologia do trabalho.

A partir da resposta espectral nas diversas bandas, o MLME estima a proporção dos componentes *Solo*, *Vegetação* e *Sombra* para cada pixel a partir da resposta espectral das bandas originais da imagem Landsat TM, e gera as imagens-fração desses três componentes, através do método dos mínimos quadrados ponderados com restrição (**Equação 1**), em que a soma das frações para qualquer elemento deve ser igual a 1 (Shimabukuro e Smith, 1991).

$$r_i = P_v \rho_{vi} + P_s \rho_{si} + P_{sb} \rho_{sbi} + \varepsilon_i \quad (1)$$

r_i = resposta do pixel na banda i da imagem TM/Landsat;
 P_v , P_s e P_{sb} = proporções de vegetação, solo e sombra (ou água) que compõem o pixel;
 ρ_{vi} , ρ_{si} e ρ_{sbi} = respostas espectrais da vegetação, solo e sombra (água) em cada pixel;
 ε_i = erro de estimação intrínseco para cada banda i .

As imagens-fração Solo e Sombra foram utilizadas no trabalho por apresentarem melhores contrastes entre as áreas florestadas e não florestadas. As imagens-fração Sombra foram utilizadas na detecção das áreas ocupadas por florestas (média quantidade de sombras) e áreas desmatadas (baixa quantidade de sombras). Já as áreas recém-cortadas e ocupadas pela transição do contato entre formações florestais e cerrado (savana) são tratadas a partir da imagem-fração Solo (Crepani et al., 2001).

Após a geração das imagens-fração partiu-se para a etapa de segmentação das mesmas, que é uma técnica de dados, na qual somente as regiões espacialmente adjacentes podem ser agrupadas (Bins et al., 1992). Devido à existência de regiões muito pequenas, define-se um limiar de área, o qual indica o tamanho mínimo de uma região em pixels, evitando-se assim excessiva fragmentação da imagem (Shimabukuro et al., 1998). Define-se também o limiar de similaridade que é o limiar mínimo, abaixo do qual duas regiões são consideradas similares e agrupadas em uma única região. As imagens-fração Sombra e Solo, das imagens originais das bandas TM3, TM4 e TM5, foram segmentadas pelo método de crescimento de regiões, utilizando os limiares de similaridade 8 e de área 16.

Assim como a segmentação, a classificação é um processo de extração de informação das imagens visando o reconhecimento dos padrões e objetos homogêneos. No trabalho foi utilizado o classificador ISOSEG, seguindo a metodologia do PRODES Digital, que é um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionados, aplicado sobre um conjunto de regiões previamente segmentadas. É uma técnica para classificação que procura agrupar regiões, a partir de uma medida de limiares de aceitação, pré-determinados que varia conforme a complexidade da paisagem investigada. As imagens Landsat TM previamente segmentadas foram classificadas pelo ISOSEG, algoritmo implementado no SPRING, utilizando os limiares de aceitação iguais a 90% ou 95%, dependendo da complexidade da paisagem.

Posteriormente os temas resultantes da classificação foram associados às classes previamente definidas no modelo de dados (mapeamento de dados). As classes “floresta”, “não-floresta”, “hidrografia”, “desmatamento”, “incremento do desmatamento” e “nuvem” foram selecionadas para o trabalho. Para evitar ambigüidade entre as classes, tabelas de decisão foram geradas, o que resultou menor tempo despendido na edição matricial.

Para a geração da extensão de áreas desmatadas utilizou-se inicialmente a máscara da imagem de 1994 sobreposta à imagem-fração Solo de julho de 1995, possibilitando a visualização da diferença entre áreas de florestas e áreas que sofreram alteração entre um ano e outro, considerado como incremento do desmatamento. Os demais incrementos de áreas desmatadas (entre junho de 1994 e setembro de 1995, e entre setembro e outubro de 1995), também foram gerados a partir de imagens-fração Solo. A utilização das imagens-fração Solo para o mapeamento do desmatamento melhora a diferenciação entre áreas florestadas e áreas de corte recente.

3.2 Processamento das imagens de radar

Assim como as imagens ópticas, as quatro cenas do JERS-1 que compunham a área de estudo (120, 121, 126 e 127) também passaram pelo processo de registro no ENVI e foram importadas para o SPRING. Após o registro e mosaicagem das imagens, elas passaram por um processo de recorte para se enquadrarem no tamanho exato do retângulo envolvente da área de estudo. Após essa etapa a imagem foi submetida a um processamento para a geração da máscara do que havia sido desmatado/alterado até aquela data, utilizando a programação em LEGAL (**Figuras 3 e 4**). A principal diferença entre a metodologia adotada para as imagens do Landsat e para as do JERS-1 é a ausência da etapa da aplicação do modelo linear de mistura espectral.

Nesta etapa realizou-se a atualização das imagens Landsat TM para antes e após a data da passagem do JERS-1 na região de estudo. Com isso foi possível a verificação qualitativa e quantitativa da alteração da cobertura do solo para as referidas datas.

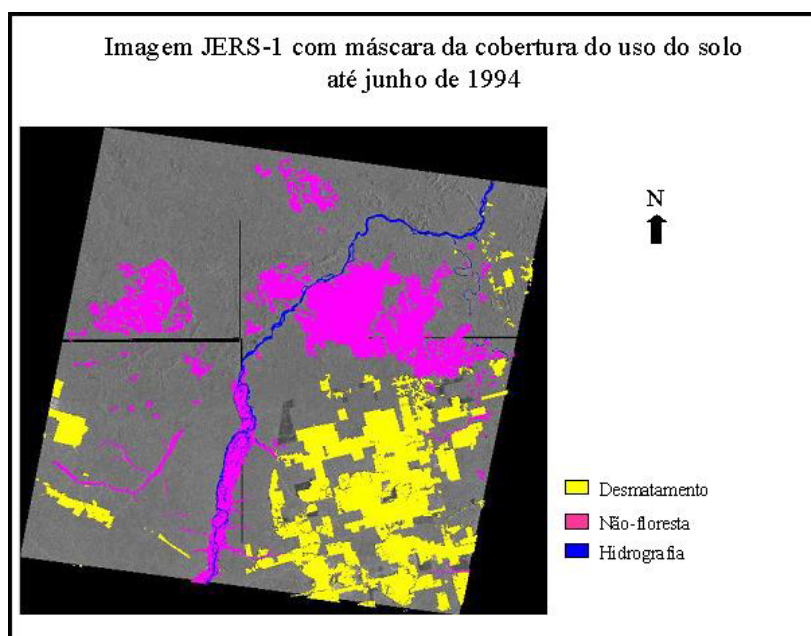


Figura 3 – Imagem do JERS-1 sobreposta pela máscara da cobertura do uso do solo até junho de 1994.

4. Análise dos resultados e discussão

Após a geração do mapeamento das classes para a imagem do JERS-1, partiu-se para a etapa de análises de exatidão: (a) Avaliação por nível de aceitação, (b) Teste Kappa e (c) Comparação entre áreas.

4.1 Avaliação por nível de aceitação

Para a análise deste teste, 584 pontos distribuídos aleatoriamente por toda a imagem foram gerados. Como resultado, 531 pontos constaram como corretos, 17 pontos como incorretos e 36 pontos foram considerados como não-observados (regiões que continham nuvens). Pode-se afirmar que houve 91% de aceitação para esse método de análise de exatidão, o que comprova sua acurácia.

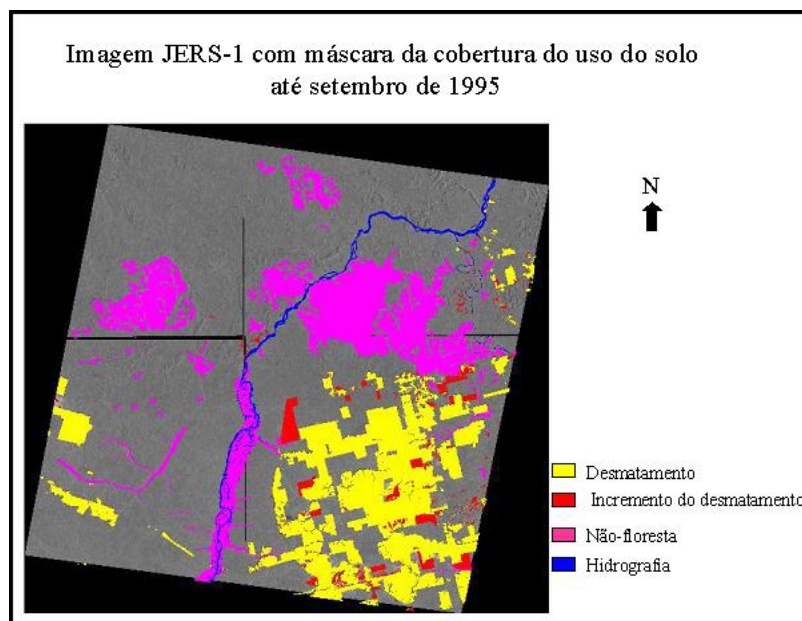


Figura 4 – Imagem do JERS-1 sobreposta pela máscara da cobertura do uso do solo até setembro de 1995.

4.2 Avaliação pela estatística Kappa

De acordo com os valores calculados a partir da matriz de erros (**Tabela 2**), o índice Kappa para as imagens classificadas foi de 0,97, o que representa uma excelente classificação.

Tabela 2 – Matriz de erros das imagens classificadas.

mapas	imagem de referência (imagem óptica)						
	classes	desmatamento	Incremento	floresta	hidrografia	não floresta	TOTAL
imagem radar	desmatamento	74	0	0	0	0	74
	incremento	0	5	1	0	0	6
	floresta	0	6	386	0	0	392
	hidrografia	0	0	0	6	0	6
	não floresta	0	0	0	0	70	70
	TOTAL	74	11	387	6	70	548

4.2 Avaliação através de comparação entre áreas

Essa forma de análise de exatidão mostra o cálculo de comparação entre áreas que apresentaram coerência entre as imagens. Assim sendo, 0,02% da área total estudada foi considerada como não-observado, devido à existência de nuvens no local. Já 1,11% da área total apresentou-se como detecção incoerente devido a erros na classificação, enquanto 98,87% da área total apresentou-se como detecção coerente.

5. Conclusões

Levando em consideração o estudo de cobertura de nuvens na Amazônia Brasileira apresentado por Asner (2001) e a média de proporção de nuvens de três anos, gerada para reafirmar a necessidade do uso de radar no mapeamento das regiões tropicais, verificou-se um satisfatório avanço na aquisição de informações referentes à cobertura do solo durante todo o ano em regiões tropicais, através de dados de radar de abertura sintética (SAR).

Os dados aqui apresentados confirmam a boa participação de imagens provenientes de sensores de abertura sintética, no caso do sensor JERS-1, somando aos que já estão disponíveis no mercado, como o caso das imagens ópticas.

As três análises de exatidão realizadas para o trabalho apontaram satisfatórios resultados obtidos, comprovando o objetivo do trabalho em testar a aplicabilidade de dados provenientes de radar em banda L e polarização HH do JERS-1 no mapeamento do desmatamento da Amazônia Brasileira, buscando a implementação no PRODES Digital.

Referências

- Asner, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v.22, n. 18, p. 3855-3862. 2001.
- Bins, L.S., Erthal, G.J., e Fonseca, L. M.G. Um método de classificação não-supervisionada por regiões. **Proceedings of Sixth Brazilian Symposium on Graphic Computation and Image Processing**. Recife, Brasil, 1992. pp. 65-68.
- Crepani, E.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento no mapeamento regional da cobertura e uso atual da terra**. São José dos Campos: INPE, 2001. 24 p. (PI (INPE-8478-NTC/346)).
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite: Projeto PRODES**. [s. d.] [online]. <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>. Acesso em: 15 out. 2004.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **SPRING: Manual do Usuário**, 1996. Disponível em: <www.inpe.br/spring>. Acesso em: 17 set. 2004.
- Mather, P. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction**. Chinchester: John Wiley and Sons, 1999. 292 p.
- Rosenqvist, A.; Milne, A.; Lucas, R.; Imhoff, M.; Dobson, C. A review of remote sensing technology in support of the Kyoto Protocol. **Environment Science & Policy**, v. 6, n. 5, p. 441-455, out. 2003.
- Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. The Least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, Jan. 1991.
- Shimabukuro, Y. E.; Batista, G. T.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C. Duarte, V. Using shade fraction image segmentation to evaluate deforestation in Landsat Thematic Mapper of the Amazon Region. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 3, p. 535-541. 1998.
- Valeriano, D. M.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Souza, I. M.; Santos, J. R.; Barbosa C. C. F.; Souza, R. C. M. Monitoring tropical forest from space: the Prodes Digital project. In: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) - Technical Commission VII, 12-23 July, Istanbul, Turkey. **Proceedings...** Istanbul: ISPRS, 2004. v. 35 part. b. 1 CD-ROM. . Commission VII, WG VII/3 Integrated Monitoring Systems for Resource Management. ISSN 1682- 1777. (INPE-11416-PRE/6852). Disponível em: <http://iris.sid.inpe.br:1912/col/sid.inpe.br/sergio/2004/09.23.13.44/doc/monitoring%20tropical%20forest.pdf> Acesso em 05 nov. 2004.