

Detecção de mudanças na Floresta Nacional do Tapajós através de imagem diferença e dados RADARSAT - 2

Daniela Souza dos Anjos¹
Sidnei João Siqueira Sant'Anna¹
Luciano Vieira Dutra¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Divisão de Processamento de Imagens – DPI
Caixa Postal 515 – 12245-790 – São José dos Campos
{daniela, sidnei, dutra}@dpi.inpe.br

Abstract. Land cover changes occur practically all over the world and are caused not only by natural but also by anthropic factors, or a its combination. The analysis of these changes is presented as important information on regions of interest and can be accomplished through various change detection techniques, based mostly in remote sensing data. Despite the wide applicability of optical remote sensing data in change detection, the great sensitivity of this type of data to clouds presence limits its use, especially in tropical and sub-tropical regions where adverse weather conditions are extremely common. Thus, the use of microwave data, are less sensitive to these conditions, shown as an alternative for the detection of changes in these regions. This paper aims to demonstrate the capability of microwave data, RADARSAT - 2, obtained in the C band, in change detection processes. Therefore, two RADARSAT - 2 images are used with HH polarization, containing part of the Tapajós National Forest - PA and change detection technique based on image differencing.

Palavras-chave: Change Detection,, RADARSAT – 2, Image Differencing.

1. Introdução

Várias regiões do mundo passam por mudanças na cobertura da terra, geradas por causas naturais, antrópicas ou por uma combinação desses fatores. Essas mudanças possuem uma variedade de escalas espaciais e temporais (Coppin et al., 2004) e seu acompanhamento, baseado em um monitoramento da superfície da terra durante o tempo de interesse, é de grande importância. O processo de identificação dessas mudanças, realizado ao observar a área de interesse em diferentes épocas, é chamado por Singh (1989) de detecção de mudanças e é essencial para a compreensão das relações e interações entre os fenômenos humanos e naturais, a fim de promover uma melhor tomada de decisão em diversas situações (LU et al., 2004).

Dentre as possíveis fontes de dados para a realização de um processo de detecção de mudanças, destaca-se o Sensoriamento Remoto, que é definido por Lillesand et al. (2004) como a arte de obter informação sobre um objeto, área, ou fenômeno a partir de dados coletados sem que haja o contato direto com os mesmos. A obtenção dessas informações se dá através de sensores remotos, passivos ou ativos, que atuam nas faixas espectrais do visível, infravermelho e micro-ondas (JENSEN, 2009) e quando orbitais geram informações atualizadas da cobertura da terra (MYERS, 1988), de forma não intrusiva, recorrente e principalmente com baixo custo quando comparado a métodos tradicionais de sensoriamento remoto como fotogrametria e topografia (ROSENDO e ROSA, 2007).

Neste contexto é fácil compreender a utilização de dados obtidos por sensoriamento remoto orbital na compreensão das transformações ocorridas na superfície da terra. Essas transformações estão geralmente relacionadas aos conceitos de uso e cobertura da terra e assim pode-se falar, de

forma mais genérica, em detecção de mudanças do uso e cobertura da terra. Uma importante distinção entre os termos “uso” e “cobertura” deve ser ressaltada, pois enquanto a cobertura se refere, apenas, a cobertura física presente na região, o uso do solo relaciona-se as atividades humanas realizadas no local, podendo consistir de uma única cobertura ou de um mosaico de coberturas para um determinado fim (BARNESLEY et al., 2001). Treitz e Rogan (2004) ainda afirmam que o uso do solo é um conceito abstrato, relacionado a fatores sociais, culturais, econômicos e políticos, pouco associado às propriedades de reflectância e por isso tem uma relação limitada com o sensoriamento remoto.

Dessa forma, o presente trabalho busca tratar o procedimento de detecção de mudanças da cobertura da terra. Porém, muitos são os métodos desenvolvidos para esse fim e assim, com o passar dos anos, propostas de agrupamento das técnicas de detecção de mudança foram desenvolvidas. Dentre as diferentes propostas de agrupamento, a mais citada atualmente (Bittencourt, 2011; Alba et al., 2012) é a de Lu et al. (2004) que divide os métodos existentes nas seguintes categorias: Álgebra, Transformação, Classificação, Modelos Avançados, Abordagens através de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Análise Visual de Imagens e Outras Abordagens.

De acordo com Bittencourt (2011) os métodos de detecção de mudanças pertencentes à categoria Álgebra possuem como característica comum a realização de operações matemáticas básicas entre bandas espectrais das imagens obtidas em datas distintas, gerando uma nova imagem que deve possuir um limiar de separabilidade responsável pela divisão dos dados entre as classes mudança e não mudança. Dentro dessa categoria pode-se citar o método de Imagem Diferença utilizado no presente trabalho.

A técnica de detecção de mudanças por Imagem Diferença é apresentada por Singh (1989) como uma técnica que consiste na subtração de uma mesma banda, de duas imagens registradas para uma mesma área, em datas diferentes, pixel a pixel, gerando uma imagem de saída que representa a variação na região entre os dois instantes. Nesse processo, mudanças espectrais relevantes aparecem na forma de valores elevados, sejam eles positivos ou negativos, enquanto os pixels que não apresentam mudanças relevantes são associados a valores próximos a zero, mas não somente a zero, pois o ruído e a variabilidade natural das classes espectrais resultam em uma quantidade mínima de mudança espectral, mesmo que não haja mudança de fato (ALMUTAIRI e WARNER, 2010). Apesar da desvantagem da não tipificação das mudanças, devido à divisão dos dados apenas entre as classes mudança e não mudança, o método de imagem diferença apresenta como vantagem uma abordagem relativamente simples e uma fácil interpretação da imagem de saída, e por isso, é comumente utilizado.

Dentre as possíveis aplicações das técnicas de detecção de mudanças da cobertura da terra, a maioria baseia-se apenas em dados ópticos, enquanto menos atenção tem sido dada a detecção de mudanças a partir de dados de micro-ondas. Essa discrepância se justifica devido a grande quantidade de informação presente em imagens multiespectrais, obtidas por sensores passivos, e a relativa simplicidade desses dados, que são afetados apenas por ruídos aditivos e podem ter sua distribuição aproximada por uma distribuição gaussiana. Dados de micro-ondas, no entanto, são considerados mais complexos devido à existência de um ruído multiplicativo chamado speckle, exigindo assim a utilização de técnicas de análise de dados capazes de lidar com esse problema (BRUZZONE e BOVOLO, 2008).

Apesar da complexidade inerente ao uso de dados de micro-ondas em processos de detecção de mudanças, sua utilização tem crescido nos últimos anos. Isso vem ocorrendo devido à extrema sensibilidade dos dados ópticos à presença de nuvens, o que gera perda de informação e ocorre frequentemente em regiões tropicais e subtropicais, fazendo com que poucas imagens durante o

ano possuam qualidade suficiente para utilização nesses processos (INPE, 2008). Como para muitos projetos de detecção de mudanças, essa pequena quantidade de imagens com qualidade para utilização é insuficiente, os dados de micro-ondas, se mostram como uma excelente alternativa para sanar essa limitação, pois quando comparado aos dados ópticos, oferecem a possibilidade de imageamento em condições meteorológicas adversas.

Considerando os aspectos abordados, o presente trabalho apresenta os materiais e métodos utilizados e os resultados obtidos no emprego de imagens RADARSAT-2 e da técnica de Imagem Diferença para detecção de mudanças em parte da Floresta Nacional do Tapajós.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de Estudo

A área de estudo é parte da Floresta Nacional do Tapajós (FNT), localizada no Estado do Pará, entre as coordenadas 3°13'S e 55°09'W; 3°01'S e 54°51'W, como mostra a Figura 1.

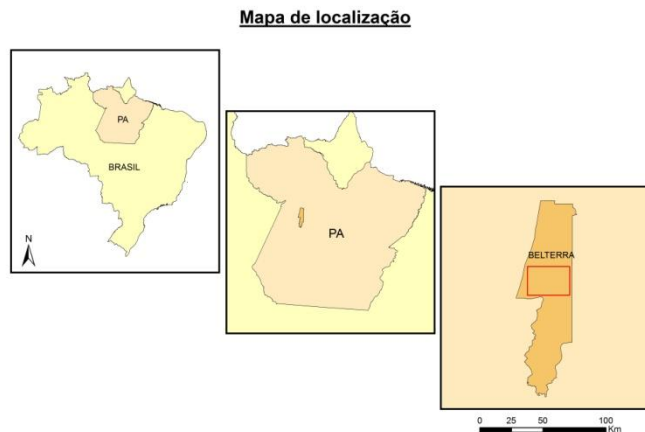


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A região é caracterizada por um clima quente e úmido, com média térmica máxima anual variando entre 31°C a 33°C enquanto a média mínima varia entre 24°C a 25°C. O índice de precipitação pluviométrica anual varia entre 1800 a 2800 mm, com nítida divisão na distribuição das chuvas, que são abundantes no primeiro semestre, mas possuem baixa intensidade no restante do ano. A região possui predominância de floresta tropical úmida e é considerada geomorfologicamente como uma área plana, com variações altimétricas entre 50 m e 200 m aproximadamente (ZEE BR-163, 2008). Atualmente, a região apresenta uma grande diversidade quanto ao uso e ocupação da terra sendo possível destacar as atividades pecuárias e a produção agrícola de grãos (ESCADA et al., 2009). Dessa forma a detecção de mudanças se mostra viável tanto pelas alterações de cobertura da terra devido ao calendário agrícola, quanto a possibilidade de desmatamento na região.

2.2. Material

Para a realização do trabalho foram utilizadas duas imagens RADARSAT-2, co-polarizadas HH, apresentadas na Figura 2 e obtidas no modo *Fine Resolution quad-polarization* (FQ), cuja as características são apresentadas na Tabela 1.

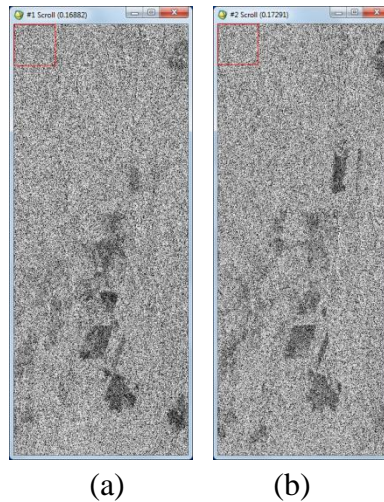


Figura 2 – Imagens RADARSAT – 2 a) 18/10/2008 e b) 19/09/2009

Tabela 1 – Características das imagens utilizadas

Data	Modo	Posição	Resolução Radiométrica	Incidência (°)		Resolução Nominal (m)	
				<i>near</i>	<i>Far</i>	<i>near</i>	<i>far</i>
18/10/2008	FQ	13	16 bits	32,4°	34,0°	9,7 m	9,3 m
19/09/2009	FQ	13	16 bits	32,4°	34,0°	9,7 m	9,3 m

Além da imagem foram utilizados os seguintes softwares:

- RAT 0.21: para o corregristo das imagens;
- ENVI 4.8: para filtragem, imagem diferença e mapa de detecção de mudanças.

2.3. Metodologia

A Figura 3 apresenta o fluxograma metodológico dos procedimentos realizados.

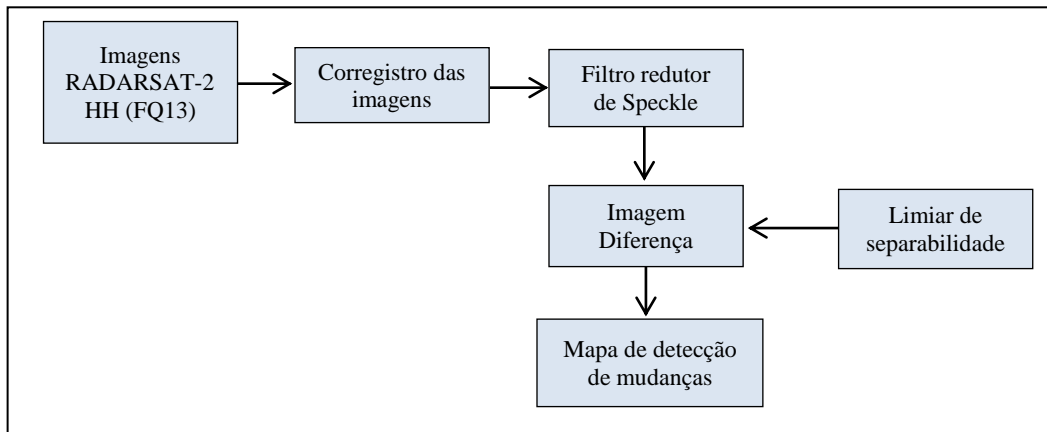


Figura 3 - Fluxograma metodológico.

Dentre os procedimentos citados no fluxograma acima, o primeiro a ser realizado foi o corregistro das imagens, que assegura a correta associação dos pixels em dois conjuntos de dados, para que esses registrem informações acerca de uma mesma localização geográfica, ao longo do tempo, sendo assim uma etapa fundamental para o processo de detecção de mudanças. Posteriormente as imagens, já corregistradas, foram filtradas buscando reduzir a interferência do ruído Speckle no resultado final. Para esse procedimento foi utilizado o filtro *Gama* com janela 5x5, que se baseia em um modelo de ruído multiplicativo considerando a distribuição *Gama* para o ruído Speckle. Segundo Pereira (2012) o filtro *Gama* preserva bem as informações radiométricas, fundamentais para a detecção de mudanças, e é citado por Mansourpour et al. (2006) como o filtro que melhor modela áreas de vegetação.

Com as imagens das duas datas devidamente corregistradas e filtradas, a operação matemática que calcula a diferença entre os valores associados a um mesmo pixel nas duas imagens pôde ser realizada. Esse procedimento deu origem a uma nova imagem chamada de imagem diferença, na qual altos valores, tanto positivos quanto negativos, expressam a existência de mudanças. A partir desses valores, a imagem foi classificada em mudança e não mudança, adotando um limiar de separabilidade correspondente a 10% do intervalo.

Os resultados obtidos pelos procedimentos acima descritos bem como as discussões desses resultados são apresentados na seção seguinte.

3. Resultados e discussão

O corregistro das imagens, realizado no software RAT 0.21, corrigiu em uma primeira etapa, denominada coarse, um offset de -53 *pixels* em x e 436 *pixels* em y e posteriormente, em um corregistro mais fino, denominado de subpixel, realizou a correção de 0,25 *pixel* em x e -0,375 *pixel* em y. O filtro *Gama* com janela 5x5, utilizado para redução da interferência do ruído Speckle no processo de detecção de mudanças, apresentou como resultado as imagens comparadas às imagens originais, como mostra a Figura 4, onde nota-se uma visível melhora quanto à homogeneidade dos alvos.

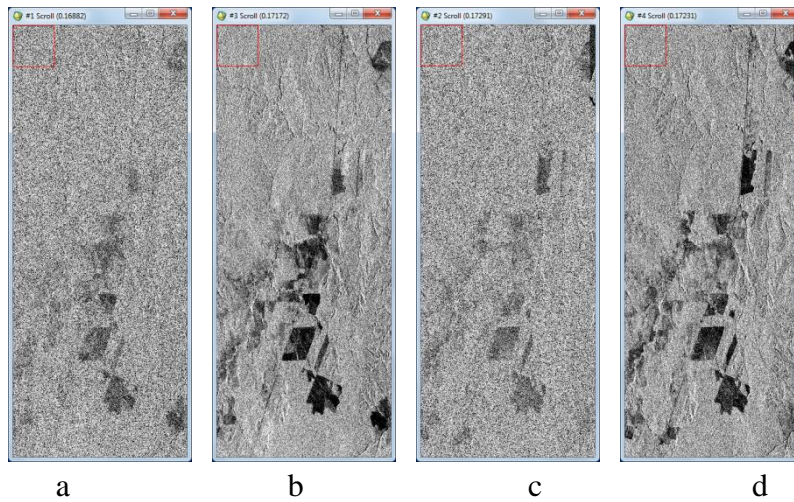


Figura 4 – Comparação entre as imagens originais e as imagens filtradas
(a) HH_2008, (b) HH_2008 filtrada, (c) HH_2009, (d) HH_2009 filtrada

A partir das imagens filtradas a técnica de detecção de mudanças baseada na obtenção da imagem diferença foi aplicada. A Figura 5 apresenta tanto a imagem diferença quanto a classificação obtida a partir desse resultado e em ambos a existência de áreas de mudança podem ser verificadas. Na imagem diferença valores elevados, tanto positivos (áreas claras) quanto negativos (áreas escuras), representam regiões de mudança, enquanto a imagem diferença classificada é dividida nas classes mudança (verde) e não mudança (branco) baseada no limiar selecionado.

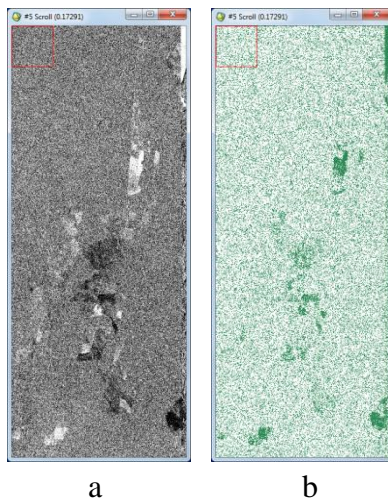


Figura 5 – (a) Imagem Diferença, (b) Imagem diferença classificada

Como áreas de mudança são apresentadas na imagem diferença por regiões muito claras ou muito escuras os detalhes de duas regiões são apresentados na Figuras 6 e 7.

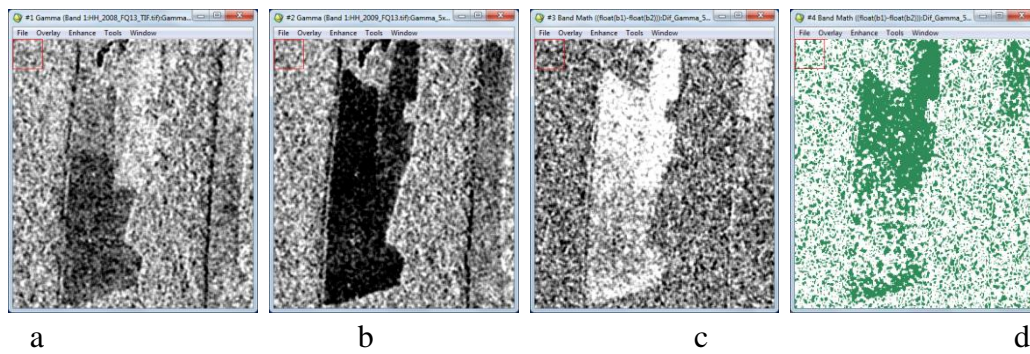


Figura 6 - Detalhe de uma região de mudança com valores elevados e positivos
a) 2008 filtrada, (b)2009 filtrada, (c) Imagem Diferença, (d) Imagem diferença classificada.

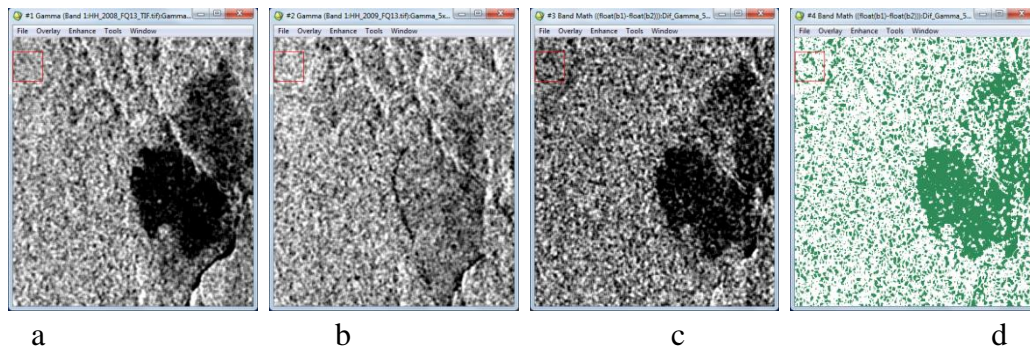


Figura 7 - Detalhe de uma região de mudança com valores elevados e negativos
a) 2008_filtrada, (b) 2009_filtrada, (c) Imagem Diferença, (d) Imagem diferença classificada.

4. Considerações finais

Ao analisarmos os resultados obtidos pelo processo de detecção de mudanças de imagem diferença para dados RADARSAT- 2, da banda C, e polarização HH concluímos que apesar da simplicidade do método e resultados obtidos os dados apresentam a capacidade de utilização para esse fim. Dessa forma o presente trabalho se apresenta como uma primeira análise das mudanças que ocorreram na região entre os anos de 2008 e 2009.

Assim, novas pesquisas e processamentos deverão ser realizados, com o objetivo de melhor analisar essas mudanças, que já sabemos que ocorrem e podem ser detectadas a partir dos dados existentes, chegando a tipificação dessas mudanças através do uso de outras técnicas de detecção de mudanças como a comparação por pós-classificação e a classificação direta multidata.

5. Referências bibliográficas:

ALBA, J. M.F.; SCHRODER, V. F.; NOBREGA, M. R. R. Land cover change detection in southern Brazil trough orbital imagery classification methods. In: RAMIREZ, B.E., editor. **Remote Sensing – Applications**. 99-116, 2012.

ALMUTAIRI, A. e WARNER, T. Change detection accuracy and image properties: A study using simulated data. **Remote Sensing**, 2, 1508–1529, 2010.

BARNSLEY, M.J.; MOLLER-JENSEN, L.; BARR, S.L. Inferring urban land use by spatial and structural pattern recognition. In: DONNAY, J.P., BARNSLEY, M.J. e LONGLEY, P.A., editors. **Remote Sensing and Urban Analysis**. Taylor and Francis. London: 115–144, 2001.

BITTENCOURT, H.R. Detecção de mudanças por imagem fração. 103 f. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COPPIN, P. R.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; LAMBIN, E. F. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International Journal of Remote Sensing**, 25, 1565-1596, 2004.

ESCADA, M. I. S.; KAMPEL, S. A.; RENN_O, C. D.; PINHEIRO, T. F. **Levantamento do uso e cobertura da terra e da rede de infra-estrutura no distrito florestal da BR-163**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009. Projeto Integrado de Modelagem da Cobertura da Terra no Pará.

INPE. **Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia por Satélites**. São José dos Campos. 2008. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de J.C.N. Epiphany Sao Jose dos Campos, SP: Parentese, 598p. 2009. (Prentice Hall Series IN Geographic Information Science) Tradução de: Remote sensing of the environment: an earth resource perspective. 2009.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Hoboken, NJ: Wiley, 5ª ed., 764p, 2004.

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**. 25, 2365-2401, 2004.

MANSOURPOUR, M.; RAJABI, M.A.; BLAIS, J.A.R. Effects and performance of speckle noise reduction filters on active radar and SAR images, In: **WORKSHOP ON TOPOGRAPHIC MAPPING FROM SPACE**, Feb, 14-16, Ankara, Tukey, 2006.

MYERS, N. Tropical forests: much more than stocks of wood. **Journal of Tropical Ecology**, 4, 209-221, 1988.

PEREIRA, L.O. 2012. **Diferentes métodos de integração de dados ópticos e radar para mapeamento do uso e cobertura da terra na mesorregião do baixo amazonas**. 236f. Dissertação (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 2012.

ROSENDO, J. S.; ROSA, R. Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. 4209-4216.

SINGH, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, 10, 989–1003, 1989.

TREITZ, P.; ROGAN, J. Remote sensing for mapping and monitoring land-cover and land-use change: An introduction. **Progress in Planning**, 61, 269–279, 2004.

ZEE BR-163. Zoneamento ecológico-econômico da rodovia BR-163: caracterização da área de estudo. 2008. Disponível em: <<http://zeebr163.cpatu.embrapa.br>>. Acesso em: 23 ago. 2012.