

CAMPOS DA SERRA CATARINENSE: DETECÇÃO DE MUDANÇA PELO MÉTODO DE DIFERENÇA SIMPLES

Jorgeane Schaefer-Santos¹
Christel Lingnau²
Franklin Galvão³

¹Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Av. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, Curitiba, PR
eng_jorgeane@yahoo.com.br

^{2 e 3}Doutores, Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Av. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, Curitiba, PR
{lingnau, fgalvao}@ufpr.br

Abstract. This article is about the efficiency of change detection techniques using the method of simple difference applying over NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The study site is the ‘Serra Catarinense’, in Southern Brazil. The cities under the study are ‘São Joaquim’ and ‘Urubici’. That is a region with a increased tourism activity, due natural beauty and cool climate. Where the altitudes are over 1.800m in some places and there are more than 25 days of frost per year. In that region in the past (decades 1940, 50 and 60), there was a big *Araucaria angustifolia* timber cut. So, there was the dramatic reduction of forests in the region. Four images from Landsat 5 TM were used, in four different years: 1986, 1997, 2005 and 2009. Each change detection image was created as a product from a final date minus an initial date. As a result we have three change detection images. The analysis shows small changes in the landscape as a whole, but looking in some zoom places, the simple difference techniques proved to be efficient to detect changes between forest and grassland. But the techniques were inefficient for showing the dynamic between successional stages into forest places. The rigorous co-georeferencing between the images is an essential procedure when applying the change detection techniques.

Palavras-chave: remote sensing, NDVI, change detection, sensoriamento remoto, dinâmica de ecossistemas campestres.

1. Introdução

A Serra Catarinense é uma região de grande beleza cênica onde destacam-se a paisagem montanhosa da Serra Geral, sendo o Morro da Igreja o atrativo mais visitado, e os campos entremeados de pinheiros (*Araucaria angustifolia*). Além disso, os municípios de São Joaquim e Urubici apresentam no inverno temperaturas muito baixas, sendo especial atrativo turístico a ocorrência de neve. Encontra-se aí a única região do Brasil em que o fenômeno da neve pode ocorrer a cada ano.

Durante as décadas de 1940, 1950 e 1960 a exploração de madeira alcançou em Santa Catarina índices incríveis. Somente nos municípios de São Joaquim e Urubici instalaram-se 200 serrarias, que diuturnamente exploravam principalmente a madeira de *Araucaria angustifolia*. Como resultado desta ação exploratório, houve uma grande fragmentação e descaracterização da unidade fitogeográfica em que esta espécie é destaque, a Floresta Ombrófila Mista. Com isso, os ecossistemas campestres que hoje são muito presentes na paisagem de parte do Sul do Brasil (RODERJAN et al., 2002) podem ter aumentado em decorrência da redução da cobertura florestal. Assim sendo, através deste trabalho, serão utilizadas imagens de satélite Landsat 5 TM para avaliar o quanto eficiente são as técnicas de detecção de mudanças através do método de diferença simples, aplicadas ao índice de vegetação normalizado - NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O estudo

considera a hipótese de que a análise da dinâmica entre a cobertura florestal e os campos poderá ser eficiente através do método de diferença, pois nas áreas de abandono da atividade pecuária tem ocorrido a regeneração da cobertura florestal e, conseqüentemente, o aumento da biomassa detectável pelos sensores remotos.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A área de estudo abrange toda a extensão dos municípios de São Joaquim e Urubici, Santa Catarina, Brasil. Ambos se localizam na região da Serra Catarinense. As altitudes variam de 900 m a 1.816 m acima do nível do mar. As maiores altitudes do Estado diminuem em sentido oeste e em sentido leste, sendo, neste último, abruptamente, formando vales e canhões de rios da Serra Geral (Figura 1). A temperatura média anual é de 13,2°C, sendo média do mês mais frio (Junho) de 9,4°C e média do mês mais quente (Fevereiro) de 17,2 °C. A precipitação total anual é de 1.691mm.

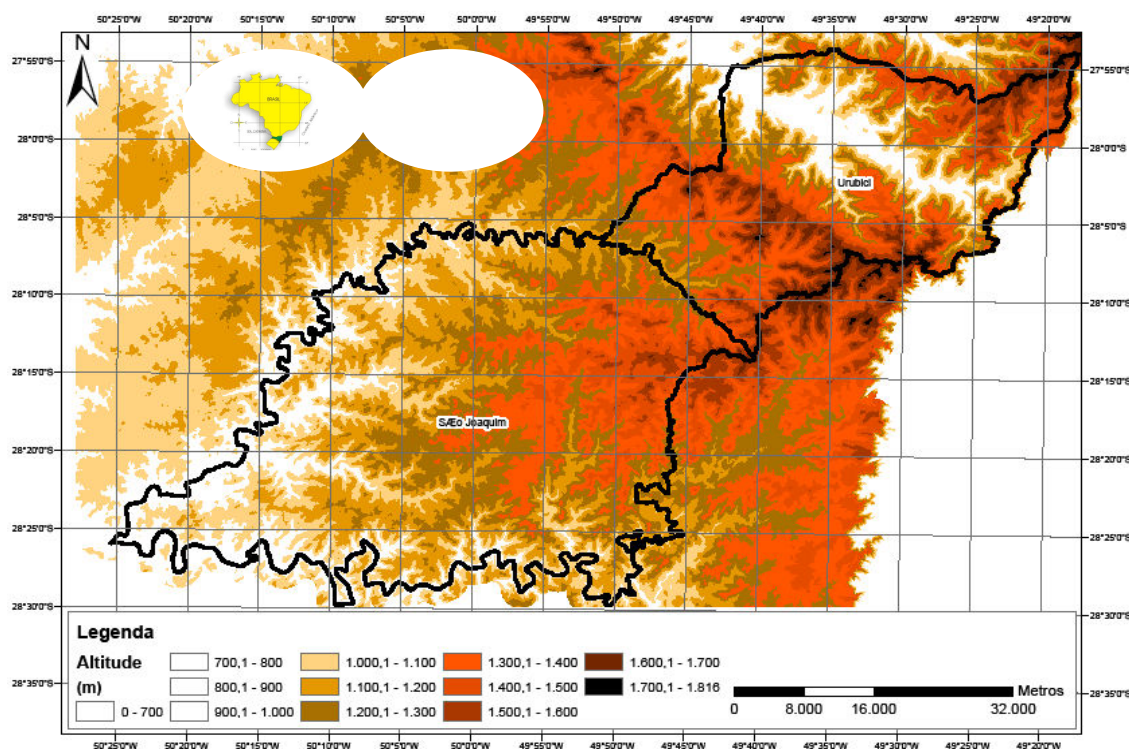


Figura 1: Localização da área de estudo.

A paisagem local caracteriza-se domínio de ecossistemas campestres formando mosaicos com a Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 2004), magnificada pela exploração madeireira. A base econômica da região decorre de quatro fontes principais. Nas menores altitudes, de 900 m a 1.000 m, em Urubici, a principal atividade é olericultura. Acima desta altitude, a pecuária de corte é, há muito tempo, a principal fonte de renda. Contam os historiadores que o gado bovino foi introduzido no Sul do Brasil quando da chegada dos jesuítas. Nas últimas décadas as fruticulturas da maçã e de outras espécies de clima temperado receberam grande destaque, servindo de suporte econômico a parte da população. Mais recentemente tem havido aumento importante do turismo como fonte de renda local, devido aos atrativos naturais da região.

2.2 Base cartográfica e imagens de satélite

A base cartográfica utilizada foram cartas planimétricas na escala 1:50.000 e o modelo digital de elevação (MDE) produzido através de projeto conjunto entre agência espacial americana (NASA) e a agência de

inteligência geo-espacial (NGA). Este material é disponibilizado pela Epagri em sua Mapoteca Digital (<http://ciram.epagri.rct-sc.br>).

Imagens do satélite Landsat5 TM de quatro datas, entre 1986 e 2009, foram adquiridas através do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.br). As especificações técnicas das imagens são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Especificações técnicas das imagens utilizadas no estudo.

Especificações técnicas	Imagens			
	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄
Data de Passagem	10.06.1986	23.05.1997	01.08.2005	12.08.2009
Azimuth Sol (°)	41,0327	60,2596	40,9821	42,6766
Elevação do Sol (°)	26,7639	29,7404	33,0921	35,8796

2.3 Processamento de Imagens e Detecção de Mudanças

As imagens adquiridas foram co-georreferenciadas, utilizando um polinômio de segunda ordem e o método de reamostragem vizinho mais próximo. O erro máximo observado foi de 0,32 pixel. O co-georreferenciamento é necessário a fim de serem evitados possíveis detecções de falsas mudanças (BRUZZONE & COSSU, 2002 e 2003 e BRUZZONE *et al.*, 2007).

Neste estudo obteve-se o índice de vegetação normalizado (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), que traduz o "verdor" de uma imagem de satélite (BACA, 2005). O NDVI evidencia a absorção da luz solar pela clorofila, ao fazer a diferença entre as bandas do infravermelho próximo e do vermelho. O NDVI é especialmente eficiente para a análise de mudanças de cobertura do solo, especialmente confrontando áreas de "solo exposto" *versus* áreas com "cobertura florestal".

A detecção de mudanças (*change detection*) é uma técnica de análise de imagens, aos pares, da mesma área geográfica e de datas diferentes, de modo a identificar possíveis alterações ocorridas (BOVOLO & BRUZZONE, 2005 e RADKE *et al.* 2005). A disponibilidade fácil na atualidade de imagens de sensoriamento remoto permite o mapeamento de mudanças temporais de pequena, média ou larga escala de tempo e/ou espaço.

Os algoritmos para a detecção de mudanças em imagens de satélite são muitos e foram evoluindo com o passar do tempo. Eles são dos mais simples aos mais complexos, dependendo da necessidade e dos objetivos de cada estudo (CARVALHO JR. & SILVA, 2007). No presente caso, utilizou-se o método de diferença simples, que consiste no cálculo da diferença percentual entre os NDVIs em quatro momentos (t₁, t₂, t₃ e t₄), como segue:

$$D(x) = t_2(x) - t_1(x)$$

Onde:

D(x) = imagem classificada por diferença simples;

t₂(x) = índice de vegetação no tempo final da análise;

t₁(x) = índice de vegetação no tempo inicial da análise.

2.4 Levantamento de campo

Durante o período de Abril a Novembro de 2011, foram amostrados 270 pontos em campo nos quais foram levantadas as seguintes informações: coordenadas geográficas, cobertura florestal, profundidade do solo, presença ou ausência de hidromorfia no solo, natureza orgânica ou mineral do solo. Estes dados foram espacializados e inseridos num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Através do SIG obtiveram-se as informações referentes à declividade e altitude de cada ponto amostrado. Através destes pontos e de suas adjacências checkou-se a eficiência da detecção de mudanças apresentada nos mapas de mudanças obtidos.

3. Resultados e Discussão

Os resultados serão apresentados com a seqüência de imagens e de fotos que ilustram três exemplos de tipologia de vegetação (campo abandonado, floresta arbórea e floresta com araucária com dossel aberto) para a região da Serra Catarinense (Figura 2), quando aplicadas as técnicas de detecção de mudanças.



Figura 2. Tipologias de vegetação analisadas.

Os resultados indicam a mesma tendência de modificação na paisagem em todos os anos de análise (Figura 3). Há, portanto, um ritmo de modificação lento, uma vez que as mudanças são suaves, tanto para as perdas, quanto para os ganhos de biomassa (as mudanças ocorrem próximas ao eixo 0).

Áreas com campo abandonado (Figura 2a) indicam o início do processo de sucessão que resultará em uma floresta similar a que o margeia. As técnicas de detecção de mudanças indicam aumento de cobertura florestal/vegetal, ou seja, tem havido avanço da Floresta Ombrófila Mista sobre as áreas de campo, manifestado pelo aumento da biomassa entre o ano de 1986 a 2009 (Figura 4).

Nas áreas onde houve pouca mudança ao longo dos períodos de análise, foi observado um pequeno incremento em biomassa (Figura 05). As características da vegetação neste local (Figura 2b) indicam dinâmica da sucessão da floresta não tem sido captada pela imagem, não representando ganho de biomassa suficiente para representar ganho expressivo. .

E finalmente o exemplo de uma área com *Araucária angustifolia* e dossel aberto há desenvolvimento de vegetação de sub-bosque (Figura 2c). Neste caso, devido à abertura do dossel promovido pela ocorrência de exemplares não contíguos de *Araucaria angustifolia*, o surgimento de sub-bosque tem sido captado pelos mapas de mudança (Figura 6).

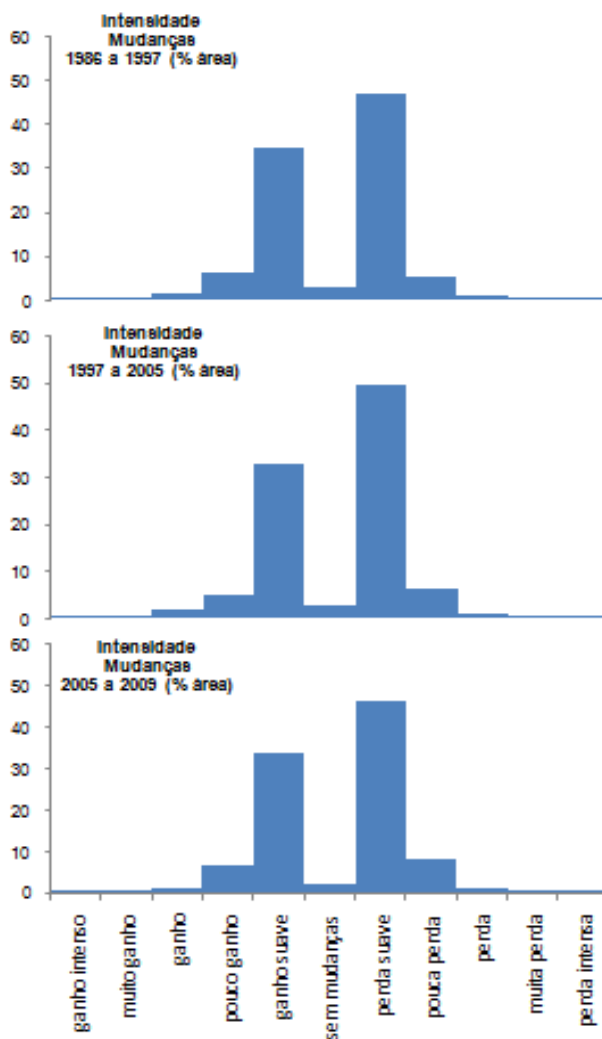


Figura 2. Intensidade de mudanças na paisagem.

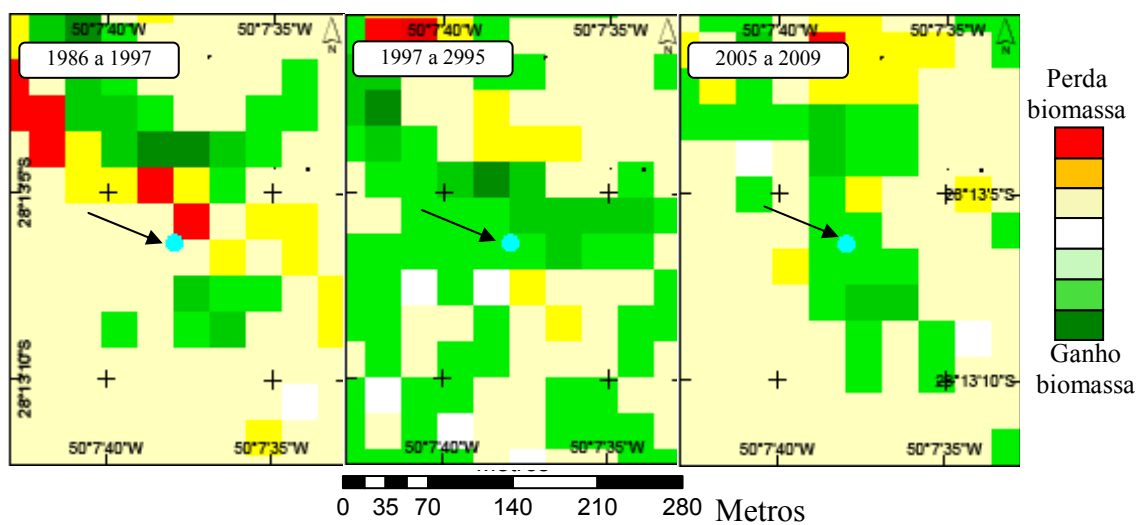


Figura 04. Dinâmica de área identificada como regeneração natural. Altitude de 1.008 m e declividade de 2,13°.

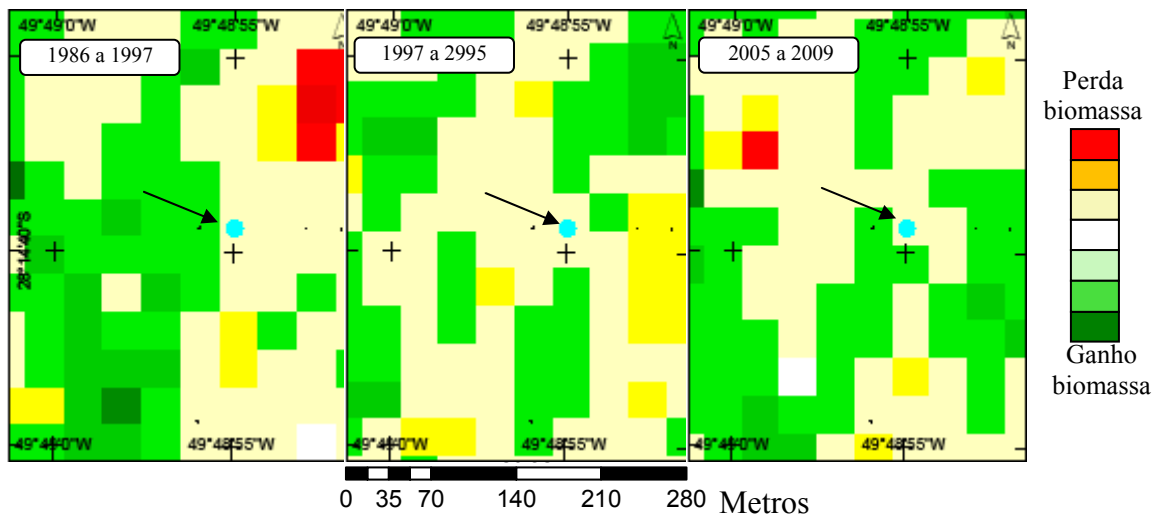


Figura 05. Dinâmica de área identificada como floresta. Altitude de 1.509 m e declividade de 13,79°.

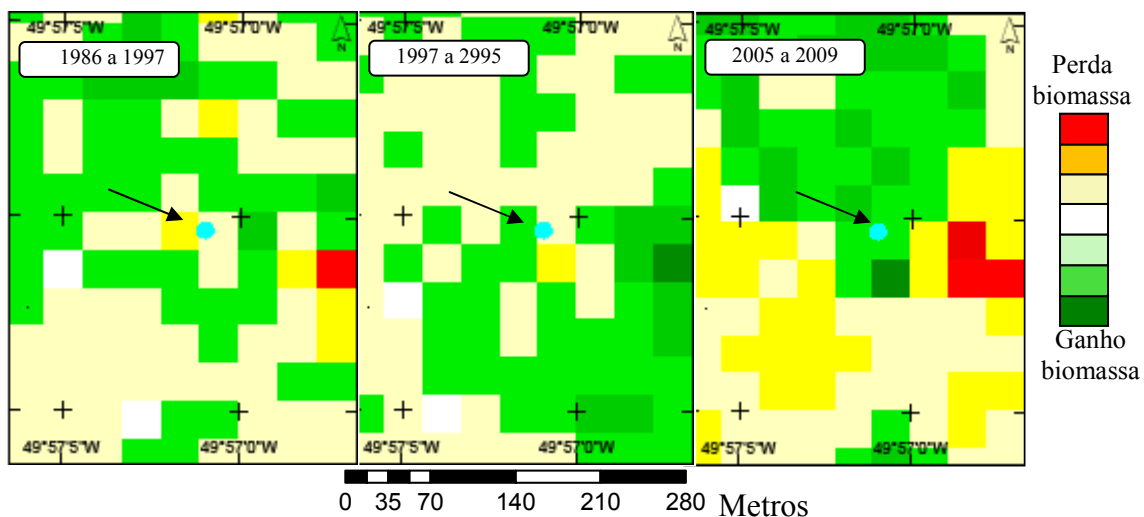


Figura 06. Dinâmica do sub-bosque detectada em área com dossel aberto de *Araucaria angustifolia*. Altitude de 1.249 m e declividade de 7,59°.

4. Conclusões

Os dados de campo sugerem que o método de diferença simples mostrou-se eficiente para a detecção de mudanças ocorridas na dinâmica entre fitofisionomias campestres e início de florestais.

A detecção do incremento de sub-bosque foi boa, quando este se encontra sob dossel aberto, devido ao aumento da biomassa confrontado com o solo exposto. No entanto, a diferença entre estágios sucessionais florestais não é detectado pelo método. Acredita-se que isso se deve ao fato de que o NDVI normaliza as informações e, com isso, perde a sensibilidade necessária para a detecção de mudanças tão sutis da biomassa.

É necessário que as datas de obtenção das imagens sejam em estação semelhante do ano para evitar falsas mudanças causadas por sombra ou alterações fenológicas da vegetação.

Ressalva-se ainda a necessidade de co-georreferenciamento muito rigoroso entre as imagens utilizadas na aplicação do método.

5. Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao CNPq que disponibiliza a bolsa de estudos para o desenvolvimento deste trabalho o qual faz parte de um projeto de doutorado.

Ao INPE pela disponibilização das imagens de satélite.

E à Epagri pelo Modelo Numérico do Terreno usado neste trabalho.

6. Referências Bibliográficas

BACA, J. F. M. Dinâmica do NDVI para América do Sul: 1981-2001. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3487-3494. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.22.52>>. Acesso em: 06 ago. 2009.

BOVOLO, F. & BRUZZONE, L. A detail-preserving scale-driven approach to change detection in multitemporal SAR images. **In:** IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, vol. 43, nº 12. December 2005. doi: 10.1109/TGRS.2005.857987

BRUZZONE, L. & COSSU, R. An Unsupervised Change Detection Technique Robust to Registration Noise. **In:** IEEE Explore Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 2002. 0-7803-7536-X.

BRUZZONE, L. & COSSU, R. An Adaptive Approach to Reducing Registration Noise Effects in Unsupervised Change Detection. **In:** IEEE Explore Transaction On Geosciences and Remote Sensing, vol Vol. 41, nº 11, Novembro 2003. doi: 10.1109/TGRS.2003.817268.

BRUZZONE, L.; BOVOLO, F. & MARCHESI, S. A Multiscale Change Detection Technique Robust to Registration Noise. **In:** A. Ghosh, R.K. De, and S.K. Pal (Eds.): PReMI 2007, LNCS 4815, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 77–86, 2007.

CARVALHO JR, O. A. & SILVA, N. C. da. Detecção de Mudança Espectral uma nova metodologia para análise de séries temporais. **In:** Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5635-5641.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 3ª edição, 2004. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, IBGE, mapa, 1:5.000.000

RADKE, R. J.; AL-KOFAHI, O. & ROYSAM, B. Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey. **In:** IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, vol. 14, nº 03. March 2005. doi: 10.1109/TIP.2004.838698.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência&Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, n. 24, P. 75-92, jan/jun 2002.