

## Eficácia de um método de normalização radiométrica utilizando imagens Landsat 5 TM

Victor Buznello de Vasconcellos Maluf <sup>1</sup>  
Fernando Souza Damasco <sup>1</sup>  
Isabel Santos de Lima Gomes <sup>1</sup>  
Liliane Ronquette da Silva Santos <sup>1</sup>  
Luisa Schneider Moreira Dias <sup>1</sup>  
Marcus Vinicius Alves de Carvalho<sup>1</sup>  
Marvin de Almeida Correa <sup>1</sup>  
Raúl Sanchez Vicens <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Fluminense – UFF/ laboratório de Geografia Física  
Av. Gen. Milton Tavares de Souza s/n - Campus da Praia Vermelha - Niterói - RJ - Instituto de  
Geociências

vic.bvm@gmail.com; fernandodamasco@id.uff.br; isabeluerj@gmail.com;  
lilianeronquette@id.uff.br; luisa.smd@hotmail.com; marcus.br@gmail.com;  
marvinalmeida@live.com; rsvicens@gmail.com

**Abstract.** Change detection technique demands accurate digital image pre-processing methods, such as absolute and relative radiometric calibration, in order to eliminate undesirable atmospheric interferences. Radiometric normalization is a relative radiometric calibration technique that minimizes radiometric differences between multi-spectral images in a time-series caused by atmospheric interference at the time of acquisition. It allows the separation between false and real land cover change during change detection analysis. Many authors have tested several normalization procedures and they all achieved significant results. The objective of this paper is to test the efficiency of a procedure that combines both absolute atmospheric correction and radiometric normalization. For this purpose, three Landsat 5 TM scenes from, the years of 1991, 2000 and 2010, were used. Atmospheric correction through Dark Object Subtraction was applied on the 2010 scene, as it was selected as reference image. Five land use and land cover classes were established (ocean, lagoon, beach, forest and urban area) and 172 PIFs were manually selected from bright and dark areas of each class. Linear regression functions were calculated from the PIFs' spectral response values and applied on the 1991 and 2000 images, generating normalized products. The procedure was applied on bands 1, 2, 3, 4, 5 and 7. Finally, median error was calculated for each band and for each class per band on the 1991 and 2000 Landsat 5 scenes. Results show that normalization procedure was not efficient on bands 5 and 7 of both images and the class "Beach" presented high error values on all bands of both images.

**Palavras-chave:** radiometric normalization, atmospheric correction, digital image processing.

### 1. Introdução

A análise espacial por detecção de mudanças em séries multitemporais exige que sejam aplicadas técnicas de pré-processamento, cujo objetivo é atenuar a influência da atmosfera e outros fatores que possam complicar a diferenciação entre mudança real e falsa na cobertura da terra, conforme Schroeder, *et al.* (2006). Os autores mencionam a necessidade de se conjugar métodos de correção radiométrica absoluta, onde são aplicados parâmetros de calibração do sensor e de correção atmosférica para se estimar valores de reflectância, e métodos de calibração relativa. Segundo Du *et al.* (2002), nem sempre é possível obter informações históricas de sensores e sobre condições atmosféricas do momento em que algumas imagens foram adquiridas, de forma que a utilização de técnicas alternativas se faz necessária.

O processo de normalização radiométrica é uma técnica de calibração relativa que consiste na regressão linear entre imagens multiespectrais em uma série temporal em relação a uma imagem

de referência (PONZONI, 2009). Esta técnica diminui diferenças radiométricas entre imagens, causadas por inconsistências de condições de aquisição, ao invés de mudanças reais de cobertura da terra (YUAN e ELVIDGE, 1996; YANG e LO, 2000). Para tanto, são selecionados pontos pseudo-invariantes (PIFs), ou seja, pixels cuja resposta espectral variou pouco ou se manteve constante em todas as imagens da série multitemporal (Du, *et al.* 2002). Conforme a literatura (ex: SCHROEDER *et al.*, 2006), definição dos PIFs se deu através da coleta de pontos de controle claros e escuros em diversas classes de uso e cobertura da terra.

Assim, este trabalho tem como objetivo testar a eficácia de um processo de normalização radiométrica, através do cálculo e análise de resíduos por bandas e por classe de uso e cobertura da terra.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para o trabalho, foram utilizadas três imagens Landsat 5 TM, dos anos de 1991, 2000 e 2010. Foram selecionadas todas as bandas espectrais, com exceção da banda 6 (infravermelho termal). Ressalta-se que as cenas selecionadas são da mesma época do ano para minimizar a influência da geometria de visada e de iluminação.

O primeiro passo foi definir a cena de 2010 como imagem de referência. Então, sobre a mesma foi aplicado o método de correção radiométrica por *Dark Object Substitution* nas bandas 1, 2, 3 e 4 através do algoritmo disponível no *software* ENVI 5.0. As bandas 5 e 7 foram excluídas desta etapa pois, segundo Chavez *et al.* (1998), o método DOS supercorrige as imagens em tais faixas espectrais.

Posteriormente, foram selecionados manualmente 172 pontos pseudo-invariantes através de interpretação visual das três imagens no *software* ArcGis 9.3. As classes de uso e cobertura escolhidas abrangem pixels claros e pixels escuros: oceano, laguna, floresta, área urbana e praia, de acordo com a bibliografia (SCHROEDER *et al.*, 2006, HALL *et al.*, 1991). A partir dos valores de resposta espectral extraídos de cada pixel, foram calculadas as funções de regressão linear entre as bandas da imagem de referência e as bandas das imagens de 1991 e 2000. As equações resultantes foram aplicadas banda a banda nas imagens a serem normalizadas através da ferramenta *Raster Calculator*, no *software* mencionado acima.

O procedimento de normalização foi realizado com valores de níveis de cinza, de modo que não foi realizada a conversão para reflectância nas imagens. Segundo Correa *et al.* (no prelo), a conversão para valores de reflectância parece não alterar os resultados da normalização.

Por fim, foram calculados os erros médios quadráticos por banda e por classe de uso e cobertura em cada banda para as imagens de 1991 e 2000 (tabelas 1, 2 e 3).

## 3. Resultados e Discussão

Os resultados para a imagem de 1991 mostram uma aparente saturação na banda do infravermelho médio antes da aplicação da normalização, como mostra a figura 1. A comparação entre as funções de regressão linear pré-normalização (azul) e as resultantes do processo de normalização (em vermelho) indicam que houve, de fato, aproximação entre as respostas espectrais das bandas das imagens de 1991 e 2010. Além disso, foram obtidos valores de  $R^2$  acima de 0,8, sendo que a banda 7 apresentou o resultado mais elevado (0,92).

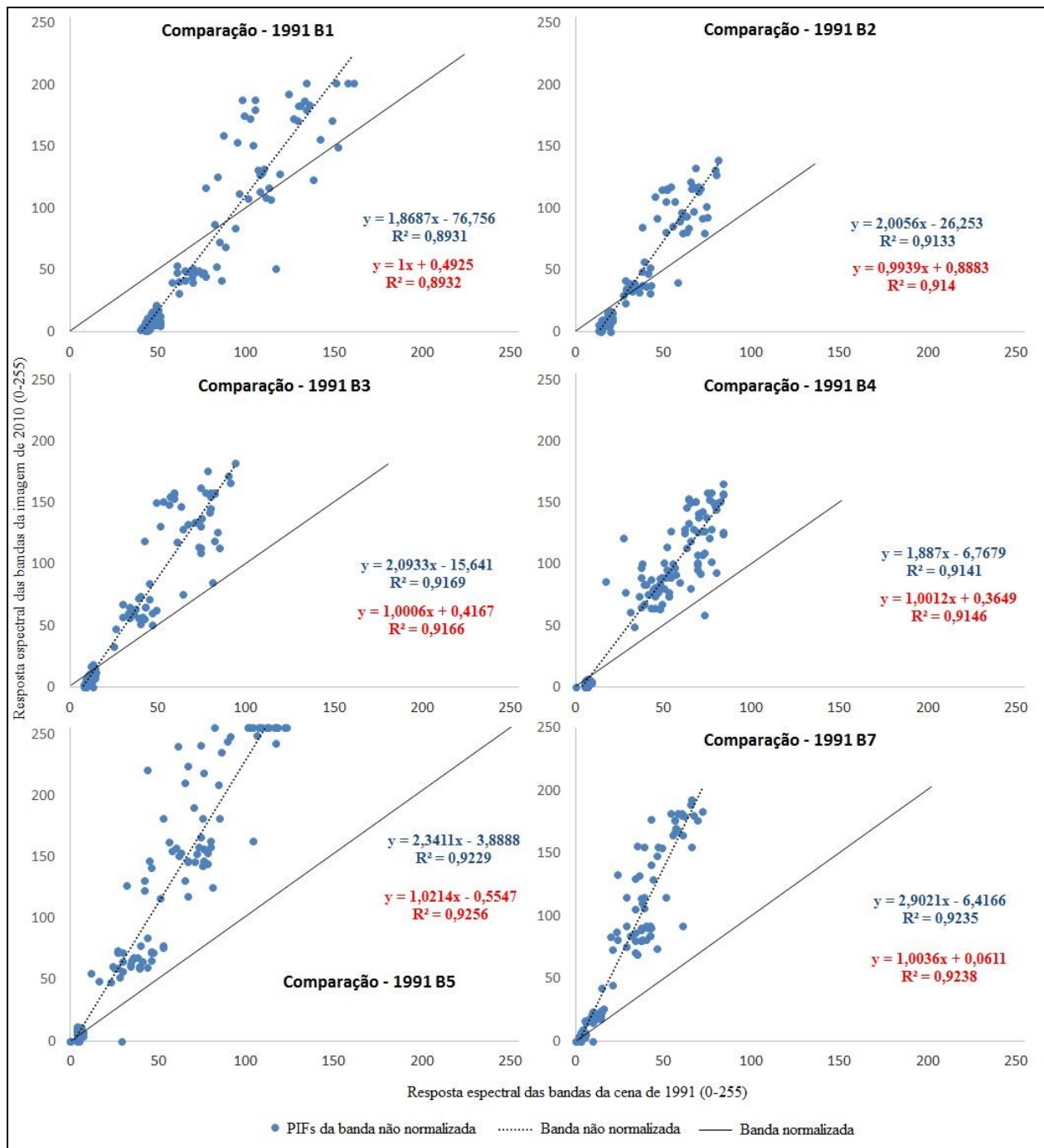


Figura 1. Resultado das normalizações para a imagem de 1991. Em azul estão representadas as funções de regressão pré-normalização. Em vermelho estão representadas as funções pós-normalização. Elaborado pelos autores (2014).

A imagem de 2000 apresentou resultados semelhantes para as bandas do visível e infravermelho próximo, com valores de  $R^2$  acima de 0,9. A comparação entre as funções de regressão pré e pós-normalização das bandas 5 e 7, no entanto, indicam que houve baixa

correlação entre os pixels das imagens de 2000 e 2010 (valores de  $R^2$  iguais a 0,76 e 0,68 para as bandas 5 e 7, respectivamente).

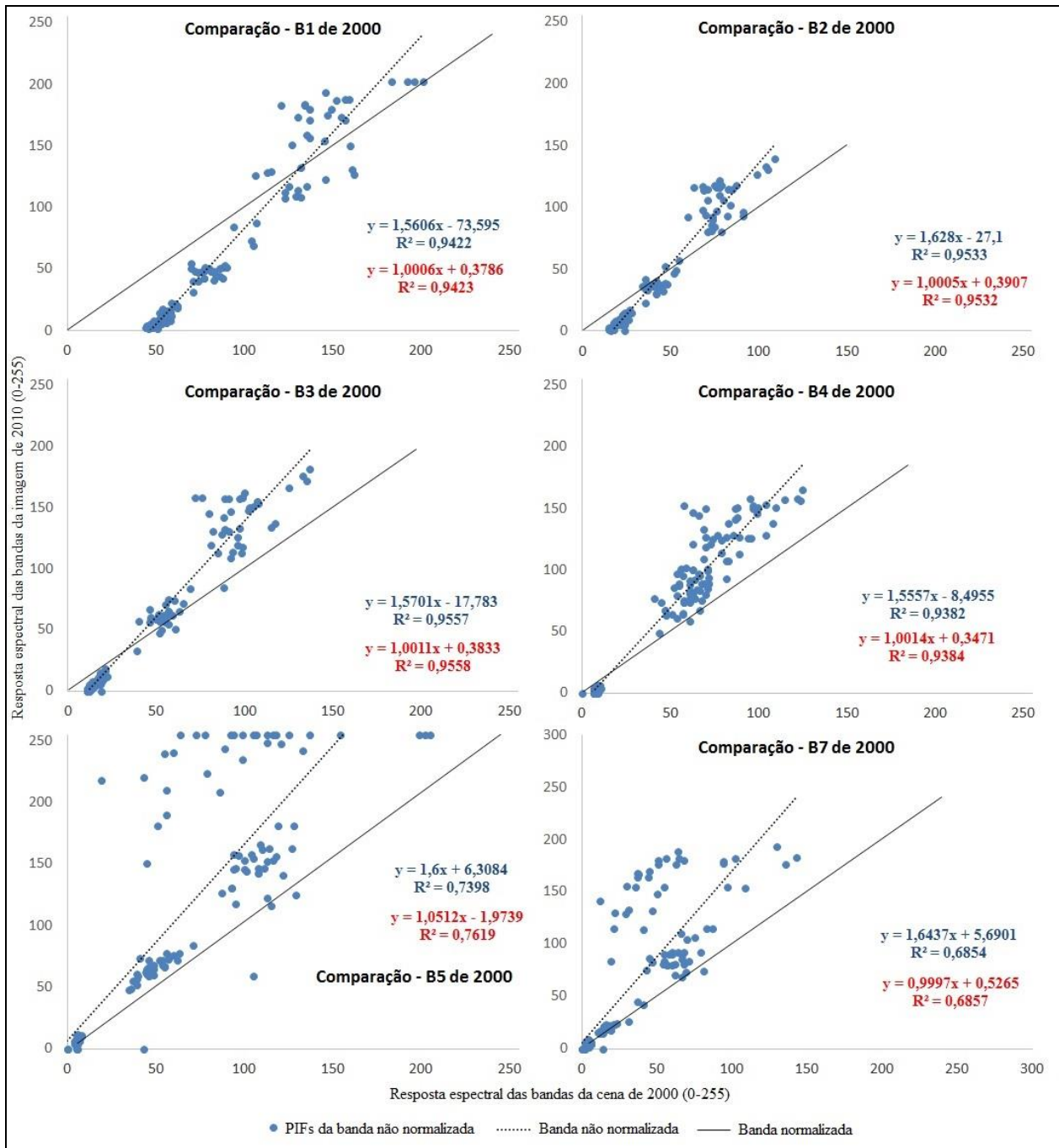


Figura 2. Resultado das normalizações para a imagem de 2000. Em azul estão representadas as funções de regressão pré-normalização. Em vermelho estão representadas as funções pós-normalização. Elaborado pelos autores (2014).

A análise dos resíduos indica que em ambas as imagens a banda 5 apresentou erros mais elevados (24,97 e 44,72 para as imagens de 1991 e 2000, respectivamente), como ilustra a tabela

1. Nota-se, no entanto, que houve diferenças nos resultados obtidos para a imagem de 1991 e para a imagem de 2000. Os valores observados para as bandas do visível e infravermelho próximo decresceram entre as imagens de 1991 e 2000. O comportamento inverso foi observado nas bandas do infravermelho médio.

Interessante observar os altos valores de erro nas bandas 1 e 3 para ambas as imagens. Isto possivelmente decorreu em função da classe “Área Urbana”, com ilustrado nos tópicos a seguir.

Tabela 1. Tabela de erros obtidos para as bandas das imagens de 1991 e 2000. Os valores estão representados em níveis de cinza. Elaborado pelos autores (2014).

| Banda | Erro Estimado |              |
|-------|---------------|--------------|
|       | 1991          | 2000         |
| 1     | 19,97         | 14,68        |
| 2     | 11,91         | 8,78         |
| 3     | 16,20         | 11,8         |
| 4     | 16,55         | 14,05        |
| 5     | <b>24,97</b>  | <b>44,72</b> |
| 7     | 16,96         | 34,44        |

Em relação às classes de uso e cobertura, na imagem de 1991 a classe “Praia” apresentou os valores mais elevados de erro nas bandas 1, 2, 3, 5 e 7. De maneira inesperada, a classe “Floresta” apresentou comportamento instável, com apresentação do aumento do erro nas bandas do infravermelho próximo e médio. Nota-se que a análise dos resíduos também indica valores elevados para a classe “Área Urbana”, especialmente nas bandas 1, 5 e 7. Os resultados descritos podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2. Erros estimados por classe em cada banda na imagem de 1991. Os valores estão representados em níveis de cinza. Elaborado pelos autores (2014).

| Classe             | Erro estimado por classe na imagem de 1991 |              |              |              |             |              |
|--------------------|--|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|                    | Bandas                                     |              |              |              |             |              |
|                    | 1  | 2            | 3            | 4            | 5           | 7            |
| <b>Floresta</b>    | 3,8  | 3,54         | 3,4          | <b>27,03</b> | 25,59       | 9,2          |
| <b>Oceano</b>      | 3,34                                       | 1,35         | 2,38         | 2,9          | 3,05        | 2,57         |
| <b>Lagoa</b>       | 5,39                                       | 2,77         | 2,61         | 3,02         | 3,07        | 2,34         |
| <b>Praia</b>       | <b>38,68</b>                               | <b>23,13</b> | <b>32,91</b> | 25,07        | <b>42,9</b> | <b>28,06</b> |
| <b>Área Urbana</b> | 22,97                                      | 13,59        | 15,34        | 11,76        | 30,03       | 27,5         |

Para a imagem de 2000 foi observado um aumento dos valores de erro em todas as classes de uso e cobertura nas bandas 5 e 7. Nota-se, também, elevação dos valores de erro da classe “Floresta” na banda 4. Os valores mais elevados foram encontrados para a classe “Praia” em todas as bandas, como mostra a tabela 3. A classe “Área Urbana” também apresentou valores elevados, especialmente nas bandas do infravermelho médio.

Tabela 3. Erros estimados por classe em cada banda na imagem de 1991. Os valores de erro estão representados em níveis de cinza. Elaborado pelos autores (2014).

| <b>Erro estimado por classe na imagem de 2000</b> |               |              |              |              |             |              |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Classe</b>                                     | <b>Bandas</b> |              |              |              |             |              |
|   | <b>1</b>      | <b>2</b>     | <b>3</b>     | <b>4</b>     | <b>5</b>    | <b>7</b>     |
| <b>Floresta</b>                                   | 3,06          | 2,71         | 2,36         | 13,66        | 24,7        | 13,89        |
| <b>Oceano</b>                                     | 3,34          | 1,81         | 1,55         | 1,55         | 8,03        | 7,7          |
| <b>Lagoa</b>                                      | 2,54          | 3,19         | 2,64         | 1,94         | 8,81        | 7,76         |
| <b>Praia</b>                                      | <b>30,44</b>  | <b>17,51</b> | <b>24,08</b> | <b>26,26</b> | <b>89,8</b> | <b>69,48</b> |
| <b>Área Urbana</b>                                | 11,59         | 7,94         | 10,6         | 12,65        | 37,56       | 30,27        |

#### 4. Conclusões

A partir da análise dos resultados, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Para ambas as imagens, o processo de normalização radiométrica não se mostrou eficaz nas bandas do infravermelho médio (5 e 7).
- As classes “Laguna” e “Oceano” se mostraram eficazes no processo de normalização radiométrica em função de comportamento estável observado na análise dos resíduos.
- Não foi possível explicar os altos valores de erro para a classe “Floresta” na banda do infravermelho médio
- Os altos valores de erro obtidos na classe “Praia” em todas as bandas indicam que esta não é confiável para amostragem de PIFs. Possivelmente, isto se explica pela variabilidade morfológica da feição, induzida marés, ondas e vegetação.
- A conjunção de métodos correção atmosférica por DOS (método absoluto) e normalização radiométrica (normalização) se mostrou eficiente para a análise de detecção de mudanças.

#### Agradecimentos

Agradecimentos a Capes pela concessão de bolsas. Aos companheiros do Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal Fluminense.

#### Referências Bibliográficas

Chavez, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.24, n.3, p.459- 79, 1988.

Del Castilho, E. M. **Uso e cobertura da terra numa região agrícola de Cerrado, via análise por vetor de mudança em imagens Landsat multitemporais**. 2011. 143 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/05.27.01.43-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

Du, Yong; Teillet, Phillippe M.; Cihlar, Joseph. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. **Remote Sensing of Environment**. v. 82. p. 123 – 134. 2002.

Hall, F. G.; Strelbel, D. E.; Nickeson, J. E.; Goetz, S.J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensory images. **Remote Sensing of Environment**, v.35, n.1, p.11-27, 1991.

Jesus, S. C. **Análise por vetor de mudanças para a avaliação multitemporal e multissensores da cobertura das terras do cerrado**. 2009. 97 p. (INPE-16597-TDI/1583). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/10.21.10.27>>. Acesso em: 13 jan. 2012.

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

Schroeder, T. A.; Cohen, W. B.; Song, C.; Canty, M. J.; Zhiqiang, Y. Radiometric calibration of Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. **Remote Sensing of Environment**, v. 103, n. 1, p. 16–26, 2006.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. p.144. São José dos Campos - SP: Editora Parêntese, 2009.

Yuan, Ding; Elvidge, Christopher D.; Comparison of relative radiometric normalization techniques. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. v. 51. p. 117-126. 1996.

Yang, Xiaojun; Lo, C.P. Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-Date Satellite Images. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 66, n°. 8, p. 967-980. 2000