Comparação entre métodos não-lambertianos de correção topográfica em imagens do sensor OLI do satélite Landsat 8

Ricardo Neves de Souza Lima¹ Rafael Damiati Ferreira¹ Celso Bandeira de Melo Ribeiro²

¹Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE Rua Gal. Canabarro, 706, Maracanã - 20271-205 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil ricardo.s.lima@ibge.gov.br, rafael.damiati@ibge.gov.br

² Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF/ESA Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Faculdade de Engenharia - Campus da UFJF - 12227-010 – Juiz de Fora - MG, Brasil celso.bandeira@ufjf.edu.br

Abstract. The topographic shading limits the information extraction on orbital images, being a common situation in areas with topographically complex relief. Several methods of topographic correction on satellite images have been developed to minimize this effect, among them, those that consider the non-lambertian surface behavior has shown promising results. This study aimed to compare six non-lambertians topographic correction methods in an OLI / Landsat 8 image over a topographically complex region. The evaluation of the results of each method, used qualitative and quantitative criteria in sampling points distributed in the study area. The procedures for images correction were developed in GIS/ArcGIS environment, through elaboration of geoprocessing tools. The results indicated that all tested methods significantly reduced the dependency of reflectance in relation to the topography with an average decrease of 76 to 91% in correlation coefficient between reflectance and the cosine of the solar incident angle, and 7 to 11% in standard deviation of reflectance, wherein the band 5 had the highest percentage reduction in these two parameters. Qualitatively the Statistical Empirical and Rotational Empirical methods showed best results due to lower occurrence of the overcorrection effect in the study area. These results corroborate numerous researches aiming to reduce topographic effects in satellite images, highlighting the effectiveness of these techniques in OLI/Landsat 8 images.

Palavras-chave: topographic shading, image processing, solar incident angle, Landsat 8, sombreamento topográfico, processamento de imagens, ângulo de incidência solar, Landsat 8

1. Introdução

A obtenção de informações provenientes de imagens de sensores orbitais é frequentemente prejudicada por interferências atmosféricas e topográficas, o que restringe, em alguns casos, a capacidade de análise dos dados obtidos por sensoriamento remoto. Os efeitos causados pela topografia são evidentes em terrenos montanhosos, e estão relacionados com variações na radiância espectral induzida pelos ângulos de inclinação e orientação do terreno, combinados com os ângulos zenital e azimutal do sol (Moreira e Valeriano, 2014).

Com a crescente disponibilização do acervo de imagens Landsat nos últimos anos, assim como de Modelos Digitais de Elevação (MDE), como os produtos SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e ASTER *Global Digital Elevation Map*, diversos métodos de correção (ou normalização) topográfica passaram a ser utilizados para reduzir a influência da topografia em imagens orbitais (Riano et al., 2003; Soenen et al., 2005; Richter et al., 2009).

A maioria dos algoritmos de correção topográfica utiliza o MDE para permitir a modelagem das condições de iluminação através do cálculo do ângulo local de incidência solar (Smith et al., 1980). Uma vez obtido este parâmetro, é possível estimar a reflectância normalizada para cada pixel com relação a uma superfície plana, a partir de métodos lambertianos e não-lambertianos (Riaño et al., 2003).

Como a superfície terrestre apresenta comportamento não-lambertiano, a correção topográfica deve considerar os efeitos da variação da radiância em cada faixa espectral

(banda), os quais podem ser modelados pela inclusão de constantes obtidas por regressão estatística entre o ângulo local de incidência solar e o fator de reflectância. Com este objetivo alguns métodos empíricos e semi-empíricos de correção topográfica foram desenvolvidos, destacando-se a correção Minnaert (Minnaert, 1941; Smith et al., 1980); correção C (Teillet et al., 1982); correção SCS+C (Soenen et al., 2005); correção Empírico-Estatística (Teillet et al., 1982), entre outros.

Diversos autores demonstraram a eficiência destes métodos na minimização dos efeitos topográficos em imagens orbitais sobre áreas montanhosas, especialmente para fins de avaliação da cobertura do solo e da vegetação (Riaño et al., 2003; Gao & Zhang, 2009; Moreira e Valeriano, 2014). No entanto, a maioria destas aplicações foram conduzidas sobre imagens do sensor TM do satélite Landsat 5, que operou até janeiro de 2013 (USGS, 2014a), sendo, portanto, necessário avaliar o desempenho destes métodos sobre imagens do sensor OLI (*Operational Land Imager*) a bordo do novo satélite Landsat 8, em operação desde abril de 2013.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo comparar os resultados de alguns métodos não-lambertianos de correção topográfica em imagens Landsat 8, sobre uma região topograficamente complexa, através de uma avaliação com base em parâmetros qualitativos e quantitativos.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A região selecionada para este trabalho compreende o município de Juiz de Fora-MG e seu entorno, entre as coordenadas geodésicas 21°29'10,6" S; 43°06'14,2" W e 22°00'05,1" S; 43°43'56,4" W (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo

Esta área apresenta terreno topograficamente complexo, com altitudes entre 400 e 1100m, e se caracteriza por um relevo acidentado, variando de ondulado a montanhoso, típico do domínio morfoclimático de Mares de Morro no sudeste do Brasil (Ab'Sáber, 1970). As declividades são proeminentes em toda a área, exceto nos vales fluviais, sendo comum a presença de encostas com declividades superiores a 20°. Devido a estas características, as imagens orbitais nesta latitude sofrem o efeito topográfico de forma bastante pronunciada, especialmente nos meses de inverno, quando há menor incidência dos raios solares, em decorrência do menor ângulo de elevação do Sol. Dessa forma se faz necessário a aplicação de métodos que reduzam estes efeitos para melhor aproveitamento dos dados orbitais.

2.2 Base de Dados

Foi utilizada uma cena do sensor multiespectral OLI a bordo do satélite Landsat 8, obtida da base de dados da *U.S. Geological Survey* (USGS), correspondente à órbita/ponto 217/75 (WRS-2), com data de passagem de 02/08/2013. Utilizou-se as bandas de 1 a 7 do sensor OLI, ortorretificadas com nível de correção *Standard Terrain Correction* (Level 1T). Na Tabela 1 são apresentadas algumas características das bandas do sensor OLI utilizadas neste trabalho.

1					
Dandas	Comprimento	Resolução	Zênite	Azimute	
Banuas	de onda (µm)	(m)	Solar (°)	Solar (°)	
Banda 1 - Coastal aerosol	0,43 - 0,45		49,70	40,38	
Banda 2 - Blue	0,45 - 0,51				
Banda 3 - Green	0,53 - 0,59				
Banda 4 - Red	0,64 - 0,67	30			
Banda 5 - Near Infrared (NIR)	0,85 - 0,88				
Banda 6 - SWIR 1	1,57 - 1,65				
Banda 7 - SWIR 2	2,11 - 2,29				
	Bandas Banda 1 - Coastal aerosol Banda 2 - Blue Banda 3 - Green Banda 4 - Red Banda 5 - Near Infrared (NIR) Banda 6 - SWIR 1 Banda 7 - SWIR 2	$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	

Tabela 1. Características das faixas espectrais da cena do sensor OLI utilizada neste trabalho.

O MDE utilizado para o cálculo do ângulo local de incidência solar (*i*) foi proveniente do projeto TOPODATA (Valeriano et al., 2009) desenvolvido a partir do refinamento espacial dos dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de 3 arcos-segundo para 1 arco-segundo (~30m).

2.3 Pré-processamento dos dados

Antes da realização da correção topográfica, os valores originais dos pixels (*Digital Numbers – DN*) de cada banda espectral do sensor OLI foram convertidos para valores de reflectância espectral no topo da atmosfera, ou TOA (*Top Of Atmosphere*). Para isso foram adotados os procedimentos descritos em USGS (2014b), na forma da Equação 1.

$$\rho\lambda = \frac{(M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho})}{\cos(90^{\circ} - \theta_E)} \tag{1}$$

Onde $\rho\lambda$ é a reflectância espectral TOA; $M_{\rho} e A_{\rho}$ são os fatores multiplicativo e aditivo de reescalonamento de cada banda, respectivamente; Q_{cal} é o valor do pixel (DN) das imagens originais e; θ_E é o ângulo de elevação solar local no momento da passagem do satélite, em graus. Os parâmetros M_{ρ} , $A_{\rho} e \theta_E$ foram obtidos nos metadados das imagens Landsat 8.

2.4 Implementação dos algoritmos de correção topográfica

O fluxograma geral dos procedimentos adotados para a correção topográfica das imagens OLI/Landsat 8 pode ser observado na Figura 2.

Para obtenção do ângulo local de incidência solar (*i*), em relação à normal de cada pixel no momento da passagem do satélite, foram utilizadas as informações referentes ao ângulo de inclinação (ϕ_S) e orientação do terreno (ϕ_N), extraídos do MDE, e dos ângulos zenital (θ_Z) e azimutal solares (θ_N), disponíveis nos metadados das imagens, na forma da Equação 2:

$$\cos i = \cos\phi_S \cos\theta_Z + \sin\phi_S \sin\theta_Z \cos(\theta_N - \phi_N)$$
⁽²⁾



Figura 2. Fluxograma geral dos procedimentos utilizados para a correção topográfica das imagens OLI/Landsat 8.

Os métodos não-lambertianos utilizados para a correção topográfica das imagens OLI/Landsat 8 foram: Minnaert (Smith et al., 1980); Minnaert com Declividade (Colby, 1991); Correção C (Teillet et al., 1982); SCS+C (Soenen et al., 2005); Empírico-Estatístico (Teillet et al., 1982) e Empírico-Rotacional (Tan et al., 2010). As expressões matemáticas, assim como os parâmetros de correção de cada método são apresentados na Tabela 2.

Método	Expressão	Parâmetro de correção				
Minnaert (M)	$\rho_h = \rho_T \left(\frac{\cos\theta_Z}{\cos i}\right)^k$	Constante k:				
Minnaert com Declividade (MD)	$\rho_h = \rho_T \cos\phi_S \left(\frac{\cos\theta_Z}{\cos i \cos\phi_S}\right)^k$	$\log(\rho_T \cos \theta_Z) = \mathbf{k} \log(\cos \theta_Z \cos i) + \log \rho_h$				
Correção C (C)	$\rho_h = \rho_T \left(\frac{\cos \theta_Z + c}{\cos i + c} \right)$	Constante <i>c</i> :				
SCS+C	$\rho_h = \rho_T \left(\frac{\cos \phi_S \cos \theta_Z + c}{\cos i + c} \right)$	$c = \frac{b}{m}$ $\rho_T = m \cos i + b$				
Empírico-Estatístico (EE)	$\rho_h = \rho_T - m\cos i - b + \bar{\rho}_T$	Coeficientes <i>m</i> e <i>b</i> :				
Empírico-Rotacional (ER)	$\rho_h = \rho_T - m(\cos i - \cos \theta_Z)$	$ \rho_T = \boldsymbol{m}\cos i + \boldsymbol{b} $				

Tabela 2. Resumo dos métodos de correção topográfica avaliados neste estudo.

Onde:

 ρ_h é a reflectância em uma superfície horizontal (normalizada) e ρ_T é a reflectância em uma superfície inclinada; $\overline{\rho}_T$ é a reflectância média da cena original; k é a constante de Minnaert para cada banda espectral do sensor, correspondente ao coeficiente angular gerado pela regressão linear entre $\log(\rho_T \cos \theta_Z)$ que representa a variável dependente (y) e $\log(\cos \theta_Z \cos i)$ que representa a variável independente (x), sendo $\log \rho_h$ o coeficiente linear ou intercepto; c é a constante que resulta da razão entre o intercepto (b) e o coeficiente angular (m) da regressão linear entre ρ_T e cos i;

Para a aplicação dos algoritmos apresentados na tabela 2 foi desenvolvida uma ferramenta de geoprocessamento (*toolbox*) a partir de rotinas operacionais elaboradas em ambiente SIG, utilizando o módulo *ModelBuilder* do software ArcGIS[®], versão 10.1 (ESRI, 2012). Para cada método de correção também foram implementados as equações da regressão linear (Equações 3 e 4) entre os dados de reflectância e os dados de iluminação (cos *i*), de forma a permitir a obtenção automática dos parâmetros de correção de cada algoritmo:

$$m = \frac{\sum xy - \left[\frac{(\sum x)(\sum y)}{n}\right]}{\sum x^2 - \left[\frac{(\sum x)^2}{n}\right]}$$
(3)

 $b = \bar{y} - m\bar{x}$

Onde *m* e *b* são respectivamente, o coeficiente angular e o intercepto da regressão; *x* é a variável independente; *y* é a variável dependente; \bar{x} é o valor médio de *x*; \bar{y} é o valor médio de *y* e *n* é o número de observações (n° de pixels).

A obtenção dos parâmetros de correção k, c, m e b foi realizada em áreas que teoricamente apresentam maior rugosidade, como florestas. Neste caso optou-se por calcular o NDVI da cena e utilizar um limiar arbitrário de 0,4 para a separação das áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal daquelas com vegetação de maior porte, conforme utilizado por Hantson & Chuvieco (2011) para a correção topográfica de imagens ETM/Landsat-7. Além disso também foram excluídas as áreas planas durante a obtenção dos parâmetros de correção, definindo-se o limiar de 1°de declividade com base no MDE.

A avaliação qualitativa dos resultados de cada método de correção topográfica testado foi realizada a partir de inspeção visual para a identificação de pixels com sobrecorreção, ou seja, áreas com fator de reflectância acima do normal. A avaliação quantitativa (estatística) foi realizada através da definição de cerca de 3000 pontos amostrais distribuídos de forma aleatória sobre áreas vegetadas e de solo exposto, e em declividades superiores a 1°. Nestas amostras foram utilizados os seguintes parâmetros estatísticos para avaliação dos resultados:

- Coeficiente de correlação entre a reflectâcia ($\rho_h e \rho_T$) e o ângulo de incidência solar (cos*i*);
- Desvio Padrão (DP) dos valores de reflectância ($\rho_h e \rho_T$) em cada banda;
- Média da reflectância ($\rho_h e \rho_T$) em cada banda.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise qualitativa

Na Figura 3 é possível avaliar qualitativamente os resultados obtidos por cada algoritmo de correção topográfica sobre um trecho da área de estudo. Todos os algoritmos reduziram significativamente a presença de sombras causadas pela topografia, assim como o brilho em áreas voltadas para o sol, normalizando o fator de reflectância entre as vertentes favoráveis e opostas à luz solar.



Figura 3. Comparação visual entre os métodos de correção topográfica

Nas imagens corrigidas pelos algoritmos Minnaert, Minnaert com Declividade, Correção C e SCS+C verificou-se a ocorrência frequente de pixels com valores de reflectância acima do normal (sobrecorreção), principalmente em áreas fortemente sombreadas, como encostas íngremes. As cenas corrigidas pelos algoritmos Empírico Estatístico e Empírico Rotacional

(4)

apresentaram qualitativamente os melhores resultados, sendo observada uma menor ocorrência de sobrecorreção dos valores de reflectância em áreas sombreadas.

3.1 Análise estatística

O coeficiente de correlação entre o *cosi* e a reflectância nas imagens topograficamente corrigidas apresentou uma redução significativa em comparação às imagens originais, indicando que a dependência da reflectância em relação à topografia foi praticamente eliminada, como pode ser observado no gráfico da Figura 4A.

Na cena original, ou seja, sem correção topográfica, o coeficiente de correlação médio foi de 0,43, variando de 0,31 para a banda 4 a 0,67 para a Banda 5. Nas imagens corrigidas o coeficiente de correlação médio foi de 0,06, variando de 0,03 para a correção Minnaert a 0,08 para os algoritmos Empírico Estatístico e Empírico Rotacional. Observou-se que em todos os métodos testados a banda 5, correspondente ao Infravermelho Próximo, apresentou correlações ligeiramente negativas, o que pode ser causado por influência de áreas fortemente sombreadas e cobertas por vegetação densa, onde a reflectância corrigida foi superestimada.



Figura 4 - Comparação quantitativa, em cada banda espectral, entre os dados originais (Orig) e após a correção topográfica. A – Correlação *cosi* x ρ ; B – Desvio padrão da reflectância; C – Média do fator de reflectância.

Na cena sem correção topográfica o desvio padrão da reflectância variou de 0,013 na banda 1 a 0,095 na banda 6, com média de 0,047. Conforme pode ser observado no gráfico B da Figura 4, os algoritmos de correção apresentaram pouca diferença com relação ao desvio padrão, variando em geral de 0,013 a 0,079 nas bandas 1 e 6, respectivamente, com média de 0,041.

Com relação a média do fator de reflectância da cena (Figura 4C), pode-se observar que em todos os métodos testados os valores em cada banda foram praticamente idênticos aos da cena original, apresentando variação média inferior a 3%. Este fato confirma o princípio de que a correção topográfica visa a normalização da reflectância em relação ao ângulo de incidência solar, devendo garantir, portanto, que nas imagens corrigidas os valores médios de reflectância sejam similares ao das imagens não-corrigidas.

Considerando a redução média percentual (em cada banda espectral) do coeficiente de correlação e do desvio padrão nas imagens corrigidas, em relação às imagens originais, observa-se na Tabela 3, que a faixa do infravermelho próximo (OLI-5), apresentou o maior percentual de redução nestes dois parâmetros. Este resultado demonstra o maior efeito das condições de iluminação sobre a refletância nessa região do espectro, conforme descrito por Li et al. (2012).

Tabela 3. Redução média percentual (%) do coeficiente de co	orrelação (Correl.) entre cosi e a
reflectância, e do Desvio Padrão (DP) da reflectância, em rela	ção à imagem original.

Banda	M		MD		С		SCS+C		EE		ER	
	Correl.	DP.										
OLI-1	96,28	4,91	84,53	0,11	62,73	4,69	61,81	4,23	61,93	4,62	61,93	4,62
OLI-2	86,71	5,60	79,69	3,93	66,98	5,64	66,01	5,21	65,86	5,65	65,86	5,65
OLI-3	85,52	6,58	82,27	6,93	74,61	7,31	73,55	7,01	73,05	8,08	73,05	8,08
OLI-4	74,66	5,83	73,19	6,45	69,82	6,57	69,01	7,10	62,30	7,24	62,30	7,24
OLI-5	117,44	12,18	116,08	14,11	106,39	18,19	103,77	19,42	113,70	22,99	113,70	22,99
OLI-6	90,65	12,95	90,74	12,80	85,03	15,95	84,00	17,19	82,81	19,08	82,81	19,08
OLI-7	88,49	5,72	88,77	5,08	87,02	7,07	86,46	9,45	74,87	12,04	74,88	12,03
Média	91,39	7,68	87,89	7,06	78,94	9,35	77,80	9,95	76,36	11,39	76,36	11,38

Para as bandas 1 a 5, a correção Minnaert apresentou o maior percentual de redução no coeficiente de correlação, variando de 74,66 a 117,44%. Para as bandas 6 e 7 o melhor desempenho ocorreu no algoritmo Minnaert modificado (MD), com 90,74 e 88,77%, respectivamente. Com relação ao Desvio Padrão os maiores percentuais de redução ocorreram, em geral, entre os algoritmos Empírico Estatístico e Empírico Rotacional, com valores entre 5,65 e 23%.

Estatisticamente, observou-se que o desempenho dos algoritmos de correção topográfica foi similar, sendo que os algoritmos Minnaert, Empírico Estatístico e Empírico Rotacional apresentaram eficiência ligeiramente superior. Com relação a avaliação qualitativa, constatouse, de forma mais clara, o melhor desempenho dos algoritmos Empírico Estatístico e Empírico Rotacional, devido a menor ocorrência da sobrecorreção nas cenas, ao contrário do ocorrido nos demais métodos testados.

3. Conclusões

Neste trabalho, todos os métodos de correção topográfica testados foram capazes de reduzir significativamente os efeitos do sombreamento topográfico na imagem OLI/Landsat 8 sobre a região de estudo, permitindo normalizar o fator de reflectância entre as vertentes opostas e favoráveis à luz solar incidente, durante a passagem do satélite. Ainda assim, em todos os métodos testados, foi observado efeitos de sobrecorreção sobre áreas fortemente sombreadas.

Apesar da estratificação aplicada para estimar os parâmetros empíricos de correção, com a utilização de limiares para o NDVI e para a declividade, é necessário, em futuros estudos, utilizar também diferentes classes de uso do solo e de iluminação (*cosi*), com objetivo de modelar de forma mais eficiente a radiância espectral e consequentemente melhorar o desempenho dos algoritmos de correção topográfica. Além disso, futuras análises devem considerar também os efeitos atmosféricos, fator este não avaliado no presente trabalho.

Os resultados aqui obtidos corroboram com inúmeras pesquisas que vem sendo conduzidas no sentido de possibilitar uma melhor utilização dos dados de sensoriamento remoto em terrenos montanhosos.

Referências Bibliográficas

Ab'Sáber, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, 26 p, 1970.

Colby, J.D. Topographic normalization in rugged terrain, **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 57, n. 5, p. 531–537, 1991.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). ArcGIS Desktop software. Release 10.1. Redlands, CA, 2012.

Gao, Y.; Zhang, W. A simple empirical topographic correction method for ETM+ imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 30, p. 2259–2275, 2009.

Hantson, S., Chuvieco, E. Evaluation of different topographic correction methods for Landsat imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 13, p. 691–700, 2011.

Li, F.; Jupp, D. L. B.; Thankappan, M.; Lymburner, L.; Mueller, N.; Lewis, A.; Held, A. A physics-based atmospheric and BRDF correction for Landsat data over mountainous terrain. **Remote Sensing of Environment**, v. 124, p. 756-770, 2012.

Minnaert, M. The reciprocity principle in lunar photometry. The Astrophys. J., v. 93, p. 403-410, 1941.

Moreira, E. P.; Valeriano, M. M. Application and evaluation of topographic correction methods to improve land cover mapping using object-based classification. International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, v. 32, p. 208-217, 2014.

Richter, R.; Kellenberger, T.; Kaufmann, H. Comparison of topographic correction methods. **Remote Sensing**, v. 1, p. 184-196, 2009.

Riaño, D.; Chuvieco, E.; Salas, J.; Aguado, I. Assessment of different topographic corrections in Landsat-TM data for mapping vegetation types. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 5, p. 1056–1061, 2003.

Smith, J. A.; Tzeu, L. L.; Ranson, K. J. The Lambertian assumption and Landsat data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 46, n. 10, p. 1183–1189, 1980.

Soenen, S.A.; Peddle, D.R.; Coburn, C.A. SCS+C: A modified Sun-Canopy-Sensor topographic correction in forested terrain. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 43, n. 9, p. 2148–2159, 2005.

Teillet, P. M.; Guindon, B.; Goodenough, D. G. On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data. **Canadian Journal of Remote Sensing**. v. 8, n. 2, p. 84 – 106, 1982.

Tan, B.; Wolfe, R.; Masek, J. G.; Gao, F.; Vermote, E. F. An illumination correction algorithm on Landsat-TM data. **IGARSS 2010: International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, p. 1964–1967, 2010.

USGS (*U.S Geological Survey*). Landsat Missions Timeline. Disponível em: < <u>http://landsat.usgs.gov/about_mission_history.php</u>>. Acesso: 16 jul. 2014a

USGS (*U.S Geological Survey*). Using the USGS Landsat 8 Product. Disponível em: < <u>http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php</u>>. Acesso: 16 jul. 2014b

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F.; Albuquerque, P. C. G. TOPODATA: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 25-30 abril 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos p. 5499-5506. Disponível em: <<u>http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.21.06/doc/5499-5506.pdf</u>>. Acesso: 12 set. 2012.