

Modelos de correção atmosférica aplicados em imagens do sensor OLI/ Landsat 8 a partir do uso de programas gratuitos: uma análise comparativa

Michella Araujo Maia¹
Niriele Bruno Rodrigues¹
Monika Ritcher¹
Igor Rubim²

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ/IM
CEP: 26020-740 - Centro - Nova Iguaçu-RJ, Brasil
michella_maia@hotmail.com; nirielebr@yahoo.com.br, mrichter84@hotmail.com

² Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA
CEP: 20071-901 - Av. Presidente Vargas, 522 – Centro - Rio de Janeiro - RJ
igor.brum@rjo.incra.gov.br

Abstract. Remote spectral imaging of the Earth's surface can be widely used, but only when the atmospheric influence is minimized and the data is converted to surface reflectance. The objective of the present work is to compare the atmospheric correction used in the Model 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum) with that used in the model of Dark Object Subtraction (DOS1) applied to Landsat 8 OLI sensor images to verify Which approach best correlates with reference spectral libraries. In order to perform the atmospheric correction procedure, two free GIS (geographic information systems) were used as input, Quantum Gis 2.12.0 and Spring 5.4.1; and the area of analysis was selected the area of three municipalities of Baixada Fluminense /RJ: Belford Roxo, Duque de Caxias and Nova Iguaçu. Samples were then collected from five land use and land cover classes to verify the results achieved with the correction models. The results showed that the 6S model presented more consistent results in this comparison with the DOS model, but it is observed that the results obtained in the present work and in the consulted bibliographies present variabilities that indicate the need for larger studies both related to the spectral behavior of targets, as well as the application of atmospheric correction techniques to orbital remote sensing products.

Palavras-chave: Dark Object Subtraction (DOS1), 6S, Pre-processing

1. Introdução

O sensoriamento remoto óptico de base orbital se apresenta como uma poderosa ferramenta para estudar o estado atual e a evolução da cobertura e dos usos sobre a superfície terrestre. No entanto, a aquisição de registros em base orbital é significativamente influenciada pela atmosfera, visto que a ocorrência de nuvens, moléculas de gás e aerossóis adicionam e/ou subtraem energia ao que deveria ser registrado pelo sensor orbital (Jensen, 2009). Portanto, faz-se necessária a realização da etapa de correção atmosférica visando minimizar estas interferências.

A correção atmosférica pode ser aplicada através de métodos empíricos e modelos de transferência radiativa. O modelo empírico mais utilizado, foi desenvolvido por Chavez (1988), e é um método de correção do espalhamento atmosférico no qual a interferência atmosférica é estimada diretamente a partir dos números digitais (ND). Os métodos empíricos também chamados de alternativos não dependem de parâmetros atmosféricos ou de dados da superfície, e sim das informações da própria imagem, utilizando os ND, que são características inerentes dos pixels e representam feições específicas para determinar a contribuição da atmosfera em cada banda espectral (Lu et al, 2002). Assim, para a aplicação desta técnica não há a necessidade de se obter dados sobre as condições atmosféricas na data de obtenção das imagens. No método

DOS assume-se que há uma grande probabilidade de existir alvos (pixels) escuros nas imagens, como sombras ocasionadas pela topografia ou por nuvens, os quais deveriam apresentar um ND muito baixo na imagem, equivalente a cerca de 1% de reflectância (Chavez, 1988). Contudo, esses pixels sombreados apresentam valores de ND nas imagens superiores aos esperados, consequência do espalhamento atmosférico, e por isso que esses pixels escuros servem de referência para a correção do espalhamento atmosférico. Para a aplicação da correção DOS, a partir da análise do histograma de frequência de NDs de uma das bandas da imagem, de preferência a banda de menor comprimento de onda, um valor de pixel escuro é escolhido. A correção é feita pela subtração dos valores estimados para toda a imagem, assumindo um espalhamento uniforme em toda a cena (Sanches et al, 2011).

A correção atmosférica através de modelos de transferência radiativa consiste na solução da equação da transferência radiativa para a situação da atmosfera em que a imagem foi obtida. Estes utilizam as características da atmosfera para obter o fluxo de radiação solar que chega à superfície, bem como o que sai da superfície, com base na radiância obtida através do sensor. Essa forma de correção atmosférica considera modelos atmosféricos relativos às concentrações de vapor d'água, O₃, profundidade óptica, tipo e concentração de aerossóis. Neste método, a absorção e reflexão, geradas pela atmosfera como interferência na quantidade de energia que chega ao sensor orbital, são consideradas para realizar a correção atmosférica (Ponzoni et al., 2012). Nestes modelos, como o 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum), é preciso ter informações sobre parâmetros da atmosfera local no horário de aquisição das imagens de satélite, o que permite um melhor embasamento físico na correção atmosférica (Antunes et al, 2012). No entanto, a coleta de todos os parâmetros que permitam uma caracterização da atmosfera, sobre uma determinada área em um determinado instante, nem sempre é possível de ser realizada. Frequentemente modelos de atmosfera padrões (ex. tropical) são utilizados. Além disso, a visibilidade atmosférica, considerada parâmetro de peso no resultado final da correção, frequentemente é inferida (Latorre et al., 2002). A dificuldade de obtenção dos dados de condição atmosférica, principalmente para regiões tropicais, e a dificuldade em acessar os procedimentos mais confiáveis de correção faz com que ela seja muitas vezes desconsiderada, ou se baseie em métodos muito simplificados que podem produzir erros de estimativa da radiância e da reflectância até superiores ao das imagens originais (Gomes et al, 2012).

Diante do exposto, o objetivo da presente pesquisa é o de analisar comparativamente os modelos de correção atmosférica DOS1, baseada em dados da própria imagem, e de transferência radiativa aplicadas em imagens obtidas pelo sensor OLI a partir do uso de programas gratuitos: QGis/SCP/DOS1 e o AtmCor4OLI/6S. Destaca-se que este último realiza a correção atmosférica através de um modelo que permite a utilização de parâmetros estimados da atmosfera local e por consequência permite melhor embasamento físico nas correções (Sousa, e Antunes, 2013)

2. Metodologia de Trabalho

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de imagem do sensor OLI/Landsat 8, órbita/ponto 217-76, obtida em 20/04/2016, com resolução espacial de 30m. Foi utilizada uma conformação de 8 bandas, cobrindo as regiões espectrais do visível ao infravermelho de ondas curtas. A cena, obtida junto à página da USGS, foi reprojeta para UTM, Zona 23 Sul e datum

WGS-84. O recorte espacial abrange os municípios de Belford Roxo, Duque de Caxias e Nova Iguaçu, localizados na Baixada Fluminense, que integra a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (RMRJ) (Figura1).

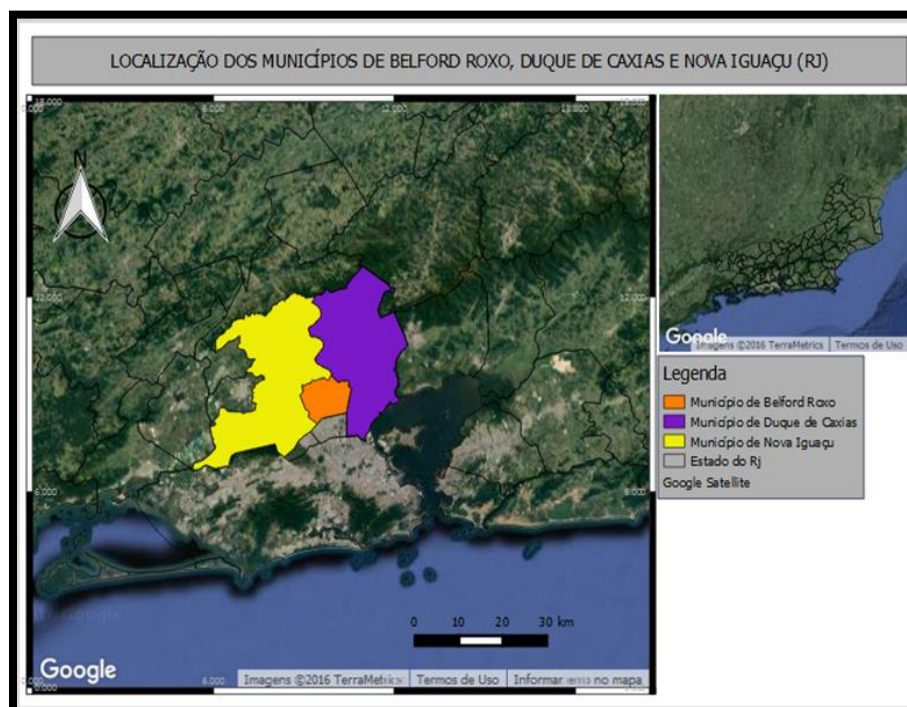


Figura 1- Mapa de localização com delimitação para área de estudo.

O procedimento de correção atmosférica pelo objeto escuro foi realizado por meio do Semi-Automatic Classification Plugin, desenvolvido por Congedo (2014) no qual se encontra o algoritmo DOS1 (Dark Object Subtraction), na versão do software Quantum Gis 2.12.0.

Para o procedimento de correção no AtmCor4OLI/6S (Antunes et al. 2012) foi utilizado o SIG Spring 5.4.1, para a conversão da imagem do formato *.tiff para o formato *.raw, que é o formato suportado pelo programa. Uma vez executado, foi gerada uma imagem de saída corrigida, com 16 bits de resolução radiométrica e já com a informação de reflectância de superfície registrada em cada pixel. Foi necessário apenas dividir este valor por 10.000 para facilitar a leitura dos dados obtidos (Souza et al, 2015). Posteriormente, a imagem corrigida em RAW foi transformada em TIF, para as análises subsequentes. Como parâmetros de entrada utilizou-se modelo de atmosfera tropical, modelo de aerossóis urbano, parâmetro de visibilidade com 30 km e superfície média de 50 m acima do nível do mar.

Após a realização da correção atmosférica pelos dois programas, o método para verificação dos resultados alcançados foi o mesmo: selecionou-se 30 amostras (pixels) de cada classe - solo exposto, agropasto, urbano, água e floresta (figura 2) distribuídas por toda a área de estudo.

As amostras foram exportadas para o formato *shapefile*, e incorporadas a um projeto no *software* QGIS 2.12.0, onde foi utilizada a função *Estatística por Zonas*, para extrair o valor da média das imagens originais e corrigidas nos segmentos abrangidos pelas amostras de cada classe. Feito isso, a média total das amostras por classe foi calculada e por fim, os dados estatísticos das amostras exportados para uma planilha, onde foram gerados os gráficos com os valores médios de reflectância aparente (TOA - imagem original convertida para dados físico também no *plugin* SCP do QGIS) e reflectância de superfície (imagem corrigida), para cada classe.



Figura 02 - Exemplo de conjunto de pixel para cada classe

3. Resultados

Inicialmente foi analisada a curva espectral das amostras dos alvos selecionados (Figura 02) após a conversão dos valores de ND para reflectância no topo da atmosfera (TOA), ou seja, ainda sob a interferência da atmosfera. Pelos resultados (figura 03), verifica-se que as curvas espectrais das classes vegetação, água e solo exposto selecionadas na faixa do visível estão em desacordo com a bibliografia (figura 04).

Por exemplo, a vegetação deveria apresentar comportamento espectral com reflectância maior na faixa do verde em relação ao azul, e decréscimo na faixa do vermelho, o que não se observa na curva original.

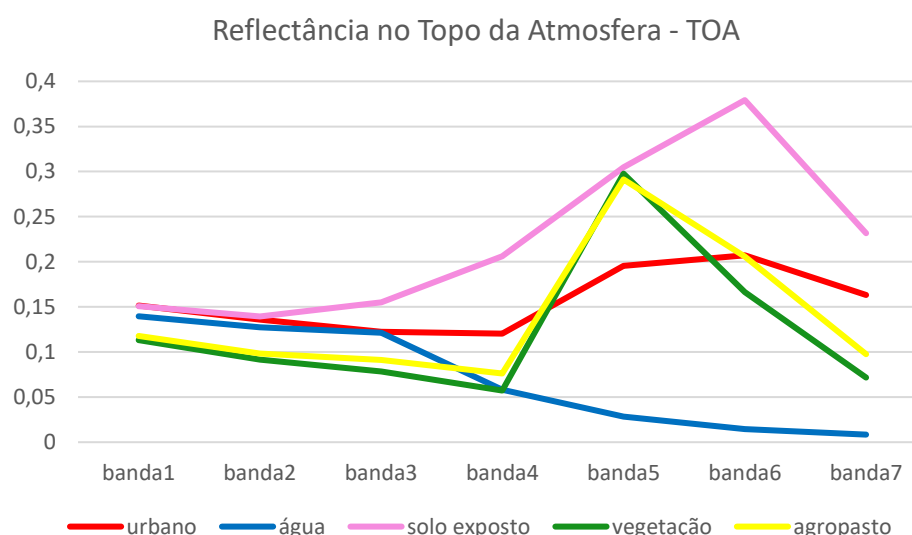


Figura 03 - Reflectância aparente (TOA) das amostras de água, vegetação, solo exposto e urbano selecionados para a análise

A água, segundo o que se esperava, também apresentaria aumento da reflectância na faixa do verde em relação ao azul e após, decresceria até total absorção da energia no infravermelho, ao contrário do apresentado. Assim, somente analisando-se estes dois alvos

(classes) - vegetação e água, já se constata a necessidade de correção das interferências da atmosfera.

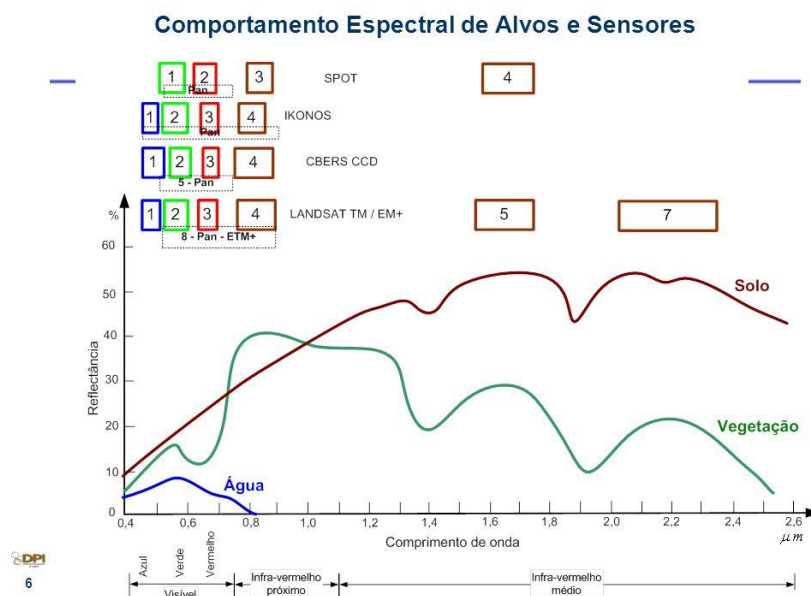


Figura04 - Comportamento espectral de alvos e faixas espectrais de diferentes sensores
 Fonte: INPE, <http://slideplayer.com.br/slide/3251825/acesso> em 13/11/2016

Após a correção atmosférica pelo método DOS1 (Figura 05), de forma geral os valores de reflectância diminuíram nas bandas do visível (bandas 1, 2, 3 e 4) e aumentaram um pouco no infravermelho próximo e médio (banda 5, 6 e 7), exceto para o alvo vegetação, neste caso diminuíram também na faixa do infravermelho médio.

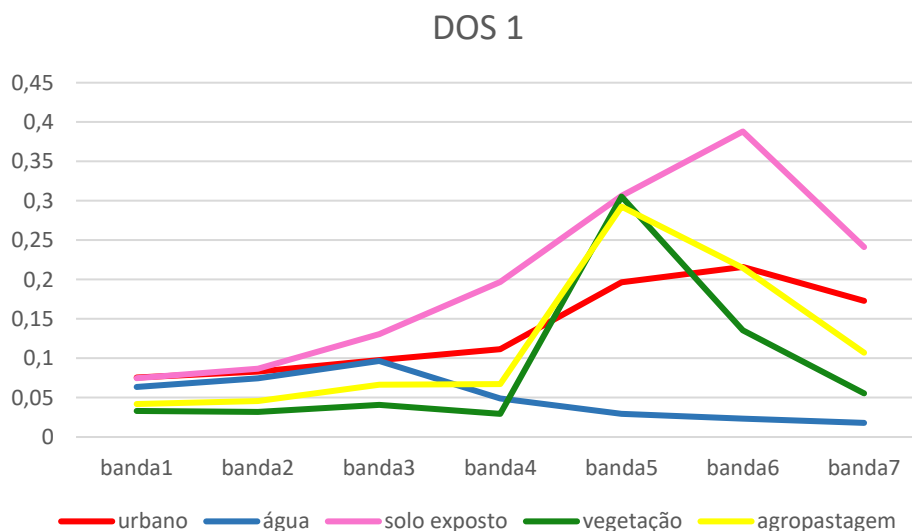


Figura 05 - Reflectância de superfície das amostras de água, vegetação, solo exposto e urbano selecionadas para a análise após aplicação da correção atmosférica pelo Objeto Escuro (DOS1)

Ainda sobre o alvo vegetação, observa-se que mesmo na faixa do visível com alterações nos valores de reflectância aproximando-se do esperado, a curva na faixa do verde ainda se mantém aquém do apontado pela bibliografia. Enquanto o alvo água, apresentou mudanças relevantes na faixa do visível, mas no infravermelho foram pouco significativas. Visto que o método DOS1 corrige somente o efeito do espalhamento atmosférico (Moran, 1992), uma correção maior nas bandas do visível era esperada. Segundo Antune *et al* (2012), o espalhamento atmosférico possui um efeito aditivo sobre os valores de reflectância dos alvos que chegam ao sensor, e sendo esse efeito inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda (espalhamento de Rayleigh), as bandas localizadas nas faixas espectrais de comprimentos de onda menores sofrem maior influência do espalhamento

As áreas urbanas apresentaram valores de reflectância maiores em média quando comparados às amostras de vegetação e água, exceto no infravermelho próximo. Da mesma forma, ocorreram diferenças entre os espectros visível e infravermelho. Os valores de reflectância de superfície foram reduzidos na faixa do visível, principalmente nas bandas do azul e verde e, ocorreram valores maiores nas bandas do infravermelho.

A correção pelo 6S mostrou-se mais ajustada as curvas espectrais esperadas principalmente das amostras dos alvos vegetação e água (figura 6). Em relação a vegetação, a correção atmosférica deve elevar os valores de reflectância no infravermelho próximo, o que também ocorreu nos valores obtidos pelo DOS1, entretanto o 6S apresentou resultado mais adequado, com valores mais elevados, além dos valores obtidos na faixa do verde. O comportamento da água demonstrou que essa classe apresentou redução de valores em todas as faixas espectrais no comparativo entre as reflectâncias aparente e de superfície, semelhante ao encontrado por Maia et al (2015), exceto no infravermelho médio, banda 7. As áreas urbanas apresentaram valores de reflectância maiores quando comparados às amostras de água, exceto na banda 5, quando os valores da vegetação são mais elevados diferentemente dos resultados alcançado no DOS1.

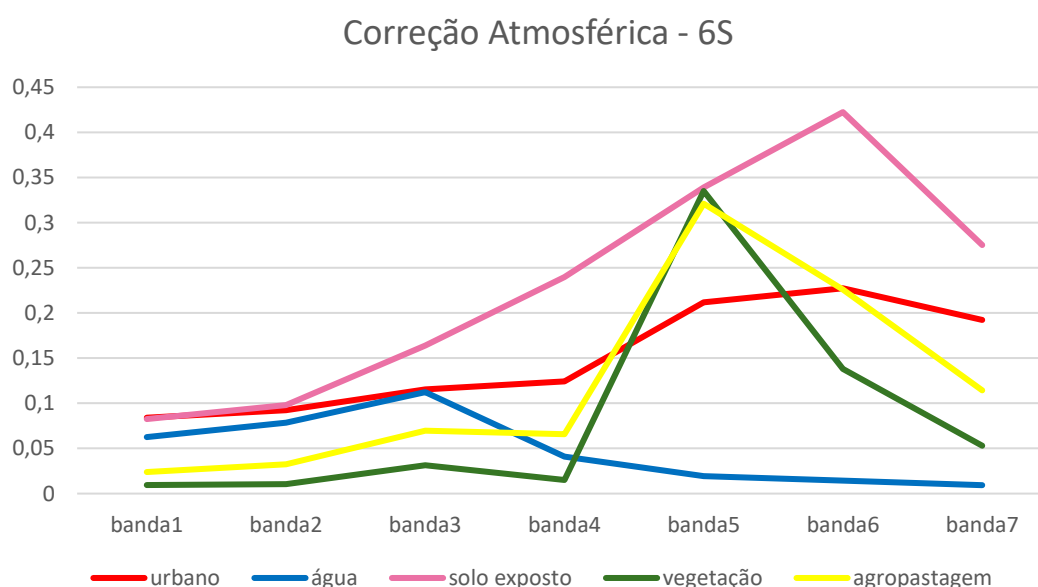


Figura 06 - Reflectância de superfície das amostras de água, vegetação, solo exposto e urbano selecionados para a análise após aplicação da correção atmosférica pelo método 6S

Destaca-se em relação a este alvo (urbano), que este possui heterogeneidade interna elevada, devido à grande variedade de materiais presentes nas construções, na rede viária, etc. Desta forma, torna-se mais difícil comparativos com outras referências, por mais que se tenha o cuidado na seleção das amostras. Neste caso, dentre as técnicas aplicadas, o DOS1 apresentou semelhança maior com os resultados alcançados por Maia et al (2015), sendo que no 6S, a diferença foi na banda 4 (faixa do vermelho), apresentando valor de reflectância de superfície mais elevada do que a aparente.

No caso do solo exposto as diferenças foram significativas entre as técnicas aplicadas com valores de reflectância de superfície superiores aos da imagem original no 6S e menores no DOS1, indicando ser o primeiro mais ajustado quando comparado a bibliografia (figura 04)

4. Conclusões

Os procedimentos realizados nesta pesquisa indicam que a correção atmosférica é uma etapa necessária para a extração de informações de produtos de sensoriamento remoto de base orbital, visto que as interferências são significativas, especialmente na faixa do visível, conseqüentemente podendo alterar resultados quando realizados estudos voltados para a detecção de mudanças e a aplicação de índices espectrais, por exemplo.

Em relação à análise comparativa das técnicas aplicadas, conclui-se que o 6S executado no AtmCor4OLI foi mais eficiente quanto aos resultados alcançados com a aplicação do DOS1 em imagem do sensor OLI/Landsat 8.

Salienta-se que segundo Moran (1992), a técnica de subtração de objeto escuro, é apropriada para a correção da faixa do azul, onde a atenuação é principalmente devido à dispersão. Para o infravermelho, a dispersão é mínima, e a absorção pelo vapor de água é dominante, assim a subtração de objetos escuros e as correções simples de Rayleigh podem produzir um erro maior do que nenhuma correção.

Enquanto, Gomes et al, (2012) em estudo comparativo sobre o MODTRAN, e DOS1 e DOS2 encontraram que, para as bandas do visível e infravermelho próximo, o MODTRAN apresentou melhores valores de R^2 quando comparados aos dados da biblioteca espectral de referência, e nas bandas do infravermelho de ondas curtas, o DOS1 e o DOS2 apresentaram melhores resultados na banda 5 e resultados iguais aos do MODTRAN na banda 7.

Desta forma, observa-se que os resultados alcançados no presente trabalho e nas bibliografias consultadas apresentam variabilidades que indicam a necessidade de maiores estudos tanto relacionados ao comportamento espectral de alvos, quanto da aplicação das técnicas de correção atmosférica em produtos de sensoriamento remoto de base orbital.

5. Referências Bibliográficas

Antunes, M.A.H.; Debiasi, P.; Costa, A.R.; Gleriani, J.M. Correção Atmosférica de imagens Alos/Avnir-2 utilizando o Modelo 6S. ISSN: 1808-0936. Revista Brasileira de Cartografia. n° 64/4, p. 531-539, 2012.

Antunes, M.A.H.; Gleriani, J.M.; Debiasi, P. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: Proceedings of the IEEE IGARSS2012, Munich, p. 6549-6552, 2012.

Chavez, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment, v. 24, p. 459-479, 1988.

Congedo, L. Tutorial: *Land Cover Classification Using the Semi-automatic Classification Plugin v. 3.0 "Rome" for QGIS*. Disponível em <<http://fromgistors.blogspot.com/>> Acesso em 24 de setembro de 2016.

Gomes, D. ; Vicente, L.E.; Carvalho, S. ; Victoria, D.; Andrade, R.G.; Agnese, M.; e Silva, R.F. Avaliação comparativa de correção atmosférica de imagens Landsat utilizando MODTRAN e Dark Object Subtraction, In: Symposium SELPER, 15., Anais... Cayenne: SELPER, 2012. p. 1-10. http://www.selperbrasil.org.br/selper2012/PDF/FP_SELPER-177.pdf. Acesso em 13/11/2016

Jensen, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p

Latorre, M., Carvalho Júnior O.A.; Carvalho, A.P.F., Shimabukuro, Y.E. Correção Atmosférica: Conceitos e Fundamentos. Espaço & Geografia, v. 5, p. 153-178, 2002.

Lu, D.; Mausel, P.; Brondizio, E.; Moran, E. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. International Journal Remote Sensing, v. 23, p. 2651-2671, 2002.

Maia, L.H.; Coutinho, L. S.; Sousa, G.M. e Antunes, M. A.H. Obtenção da reflectância da superfície para imagens OLI do Landsat 8 com um modelo de transferência radiativa . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE 2992- 2996. <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0595.pdf>. acesso em 13/11/2016

Moran, M. S.; Jackson, R. D.; Slater, P. N.; Teillet, P. M. Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. Remote Sensing of Environment, v. 41, p. 169-184, 1992

Ponzoni, F.J.; Shimabukuro, Y.E.; Kuplich, T.M. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2012, 136p.

Sanches, I.D.; Andrade R.G.; Quartaroli, C.F.; Rodrigues C.A.G. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p.7564-7571.

Soares, F.S.; Almeida, R.K.; Rubim, I.B.; Barros, R.S.; Cruz, C.B.M.; Mello, G.V.; Baptista Neto, J.A. Análise Comparativa Da Correção Atmosférica De Imagem Do Landsat 8: O Uso Do 6S E Do ATCOR2. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 17., 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa: INPE, 2015. P. 1821.

Sousa, G. M.; Antunes, M. A. H. Correção atmosférica de imagens AVNIR-2/ALOS com o modelo 6S no Parque Nacional do Itatiaia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1885-1892.