

MODELOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA APLICADOS A IMAGEM DO SATÉLITE SENTINEL-2A

Michella Araujo Maia¹

Rodrigo Macedo Paiva¹

Monika Richter¹

1- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Departamento de Geografia-
(michela_maia@hotmail.com; rodrigommpaiva@gmail.com; mrichter84@hotmail.com)

ABSTRACT

The present research makes use of atmospheric correction techniques and freewares applied to the image of the MSI (Multispectral Instrument), Sentinel 2A satellite sensor. Comparison of radioactive transfer models with the use of 6S (Second Satellite Signal Simulation in the Solar Spectrum) and the dark object subtraction model, applied through the QuantumGis software 2.18.7. In the water class, the DOS spectral curve resembles literature and reflectance values higher than 6S, but its spectral curve is out of the literature and approaches the expected spectral behavior for the MSI sensor class. For vegetation class, both show a spectral curve that approaches the literature and also that expected for the sensor. In the exposed soil class, there is a progressive reflectance increase between the analyzed bands and as can be observed in the bibliography, but no specific reference for the MSI sensor is found. Finally, the two methods presented satisfactory results, and the 6S obtained better results in the classes vegetation and exposed soil. For the Sentinel 2A image it is verified that the two models are valid for correction, as long as they are properly evaluated.

Key-words:remotesensing, pre-processing, dark object subtraction, freeware

INTRODUÇÃO

O conjunto de satélites Sentinels foi desenvolvido e são administrados pela ESA (Agência Espacial Europeia) e pela Comunidade Europeia no âmbito do programa Copernicus. A missão Sentinel-2 pertence a este conjunto de satélites, mas é dedicada essencialmente a monitorização do meio terrestre. A missão Sentinel-2 opera com dois satélites em órbita polar, o Sentinel 2A e 2B. Lançados respectivamente em junho de 2015 e março 2017. O lançamento do Sentinel 2B aumentou o tempo de revisita dos satélites de 10 dias para 5 dias. Os satélites Sentinel-2 possuem a bordo o sensor MSI (*Multispectral Instrument*) com 13 bandas, atendendo as faixas do visível, infravermelho próximo até o infravermelho de onda curta; com resolução espacial de 10m, 20m e 60m; e resolução radiométrica de 12bits. Dedicada a monitorização do meio terrestre a missão Sentinel-2 conta com satélites passivos que detectam a radiação solar refletida a partir da terra e radiação térmica nos comprimentos de onda visíveis e de infravermelhos do espectro eletromagnético

(ALBERTZ, 2007). Por não emitirem sua própria radiação e somente receberem a luz e radiação de calor refletida pela Terra, neste processo é que se verifica a influência da atmosfera na aquisição dos registros de base orbital. 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. Através da detecção, registro e análise do fluxo de sinal emitido e refletido pelas propriedades dos objetos na superfície terrestre, o sensor de satélite identifica e a discrimina os alvos, inferindo suas características. A magnitude deste sinal depende de vários fatores, particularmente: a refletância do alvo; natureza e magnitude das interações atmosféricas; inclinação e aspecto da área alvo do solo em relação à azimute solar; e ângulo de visão do sensor e ângulos de elevação solar (LANTZANAKIS, 2017).

Devido a esta natureza, os métodos de correção atmosférica tornam-se indispensáveis para melhoria na qualidade dos produtos para sensoriamento remoto. Este procedimento pode ser feito através de modelos de transferência radiativa ou através de métodos empíricos de acordo com Mather (1999, apud SOUZA, 2013), baseado na informação da imagem em questão, são empregados na análise estatística das observações de satélite TOA (Topo da Atmosfera). Já na modelagem de transferência radiativa, requerem dados independentes para características ópticas no momento da aquisição da imagem.

O modelo de correção atmosférica testado no presente trabalho, é um programa livre, o modelo de transferência radiativa 6S (*Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum*) foi desenvolvido por Vermote et al., (1997), empregado num primeiro momento na simulação da radiância do espectro solar em bandas que chega nos sensores, entre 0,25 μm a 4,00 μm , com o propósito indicar as características dos sensores. Segundo ANTUNES *et al.* (2012), o valor de radiância que sai do alvo em direção ao sensor, pode ser obtido através da reflectância do alvo e da irradiância difusa e direta. Através da transferência radiativa consegue-se a radiância captada pelo sensor, como também, adquirir a reflectância aparente por meio da irradiância que alcança o topo da atmosfera. Simulações de reflectância da superfície para alvos diferentes e assim, obter dados de reflectância aparente e a radiância que chega no sensor, também é possível com este modelo.

O uso do 6S no sentido inverso baseia-se na transferência radiativa do topo da atmosfera até a superfície, através da utilização da radiância recebida pelo sensor para cálculo da radiância emitida pela superfície, levando em conta os efeitos da atmosfera. Assim, é calculada a refletância bidirecional (RB) (NICODEMUS *et al.*,

1977; SCHAEPMAN-STRUB *et al*, 2006; MILTON *et al*, 2009) da superfície. Na ausência de nuvens, é utilizado o termo bidirecional, momento de maior quantidade de radiação proveniente do Sol que incide sob a superfície e a radiância medida pelo sensor é confirmada em um ângulo sólido pequeno, dado pelo campo de visada instantâneo (SCHOWENGERDT, 2007) que é da ordem de miliradianos.

O método de Subtração de Objeto Escuro (DOS) é uma técnica baseada em imagem para cancelar o componente de neblina causado por espalhamento aditivo a partir de dados de sensoriamento remoto de acordo com Chavez Jr (1988, apud GILMORE *et al* 2015). Este é um método de fácil aplicação utilizado para corrigir a dispersão de luz, o efeito de espalhamento, desenvolvido para sensores Landsat de primeira geração.

Diante destes dois modelos de correção atmosférica e pela disponibilidade do 6S para o sensor MSI/Sentinel-2A, foi aplicado ambos modelos de correção para imagem do Sentinel-2A, almejando-se analisar comparativamente os modelos. Para este exercício foram utilizados programas gratuitos: QGis/SCP/DOS1 e o AtmCor4MSI/6S.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com a imagem do sensor MSI/Sentinel-2A, cena T23KPQ (cena que abrange os três maciços litorâneos da cidade do Rio de Janeiro), obtida em 23/06/2018, no banco de dados da Copernicus (Figura 1). Foi utilizada a conformação de 4 bandas, cobrindo a faixa do visível ao infravermelho próximo, respectivamente as bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo), com resolução espacial de 10m.

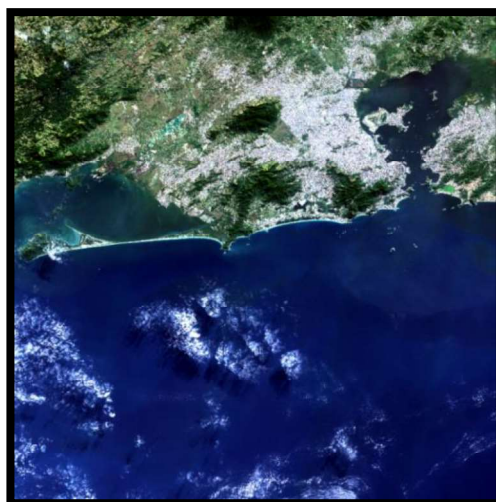


Figura 1: Cena T23KPQ do satélite Sentinel 2A.

Para a correção atmosférica através do modelo de transferência radioativa no AtmCor4MSI, desenvolvido por Antunes (2018), foi utilizado o SIG Spring 5.4.3 para a conversão da imagem em formato *jp2 para o formato *raw, único formato de imagem aceito no programa. Para execução da correção foram inseridos os seguintes parâmetros de entrada: modelo de atmosfera tropical, modelo de aerossóis urbanos, parâmetro de visibilidade de 15 km e superfície média de 50 m acima do nível do mar, além dos dados da própria imagem para cada banda utilizada na correção. Após a execução, o programa gera uma imagem de saída com 32 bits de resolução radiométrica e com a de reflectância de superfície registrada em cada pixel. Foi necessário apenas dividir este valor por 10.000 para facilitar a leitura dos dados obtidos (SOUSA e ANTUNES, 2013). Devido a análises subseqüentes, esta imagem corrigida foi transformada de *raw para *tiff.

Já a correção pelo objeto escuro foi realizada no QuantumGis (QGis) 2.18, através do plugin *Semi-Automatic Classification*, desenvolvido por Congedo (2014), o qual já disponibiliza as imagens corrigidas no formato *tiff.

A verificação dos resultados dos modelos de correção contou com o mesmo método. Foram utilizadas três classes de uso e cobertura da terra para a verificação: água, solo exposto e vegetação, para cada classe foram selecionadas 6 amostras distribuídas pela área de estudo. As amostras foram exportadas para o formato *shapefile* (*shp) e no QGis foi utilizado o plugin Estatística por Zona, para extrair o valor da média das imagens originais e corrigidas nos segmentos abrangidos pelas amostras de cada classe. Ressalta-se que a imagem Sentinel-2A são disponibilizadas em reflectância aparente (TOA). Logo, só foi preciso extrair a média da imagem original e comparar com as corrigidas. Com a média do total das amostras calculadas, as mesmas foram exportadas para uma planilha, onde foram gerados os gráficos com os valores de reflectância aparente e de superfície.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Elaborou-se um gráfico para cada uma das classes em análise comparando os dois modelos de correção aplicados a imagem Sentinel-2A com a imagem original. Esta análise dos resultados foi realizada de acordo com a bibliografia, na qual pode-se verificar o comportamento espectral dos alvos de acordo com cada comprimento de onda (Figura 2). De antemão, observou-se que na reflectância de topo de atmosfera,

ou seja, ainda sob o efeito da atmosfera as curvas espectrais dos alvos em análise estavam em desacordo com a bibliografia (Gráficos 1, 2 e 3) indicando assim a necessidade de correção das interferências da atmosfera.

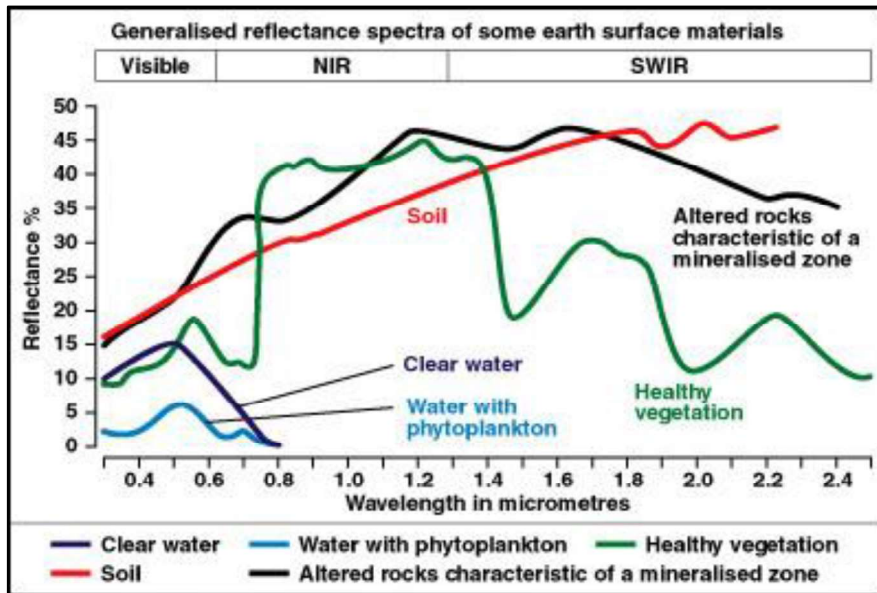


Figura 2:Comportamento espectral dos alvos
Fonte: Alcântara (2016).

Analisando o gráfico da classe água, espera-se que esta classe apresente um aumento da reflectância na faixa do verde em relação ao azul e após a absorção total da energia no infravermelho (Jensen, 2009).

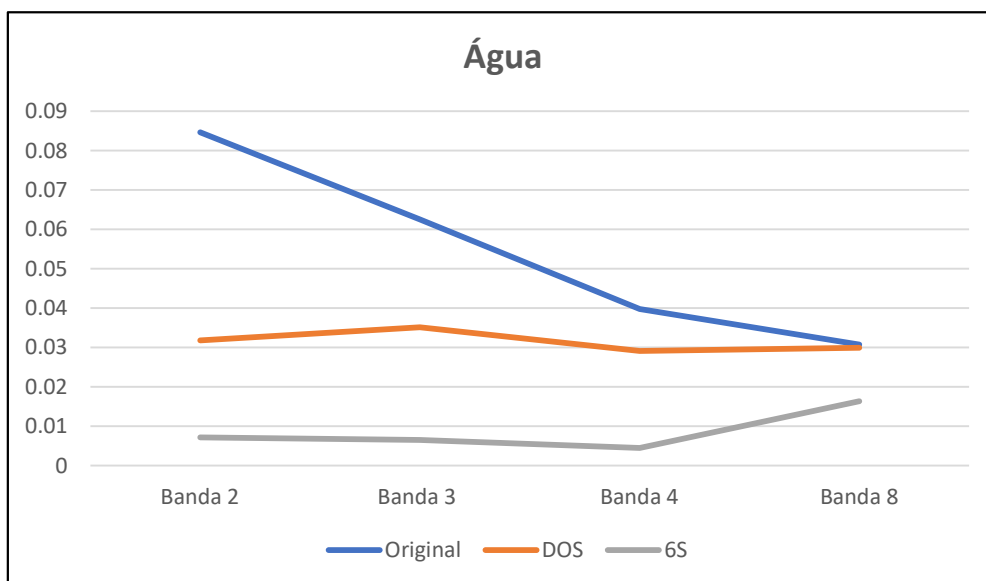


Gráfico 1: Curva espectral da água em reflectância aparente e de superfície

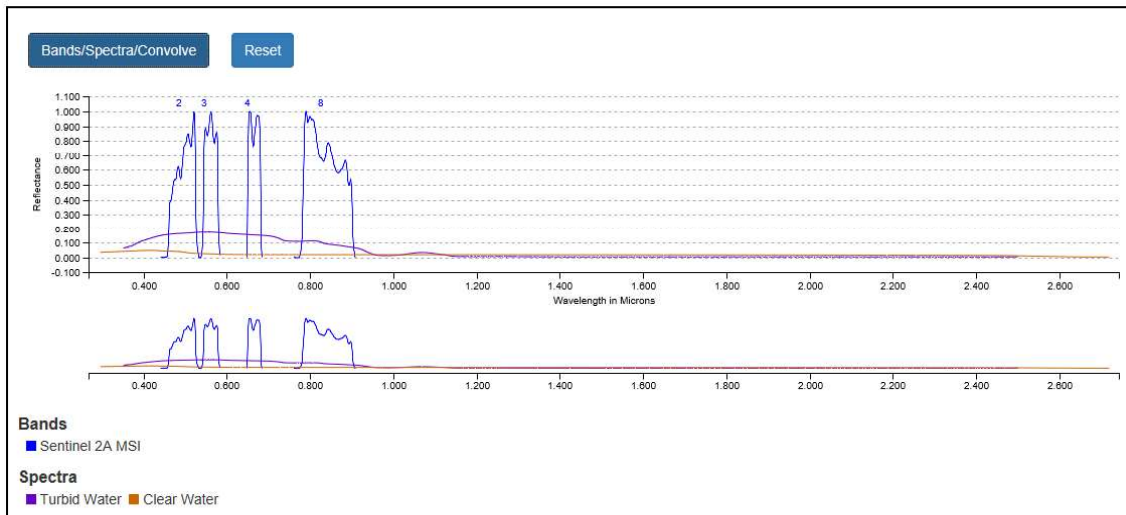


Figura 3: Comportamento espectral da classe água para o sensor MSI/ Sentinel-2A
 Fonte: USGS, <https://landsat.usgs.gov/spectral-characteristics-viewer>

Nota-se que no DOS a curva espectral se assemelha mais com a literatura se tratando de água pura, mostrando mudanças relevantes na faixa do visível quando comparada a imagem original, mas pouca influência no infravermelho. Já o 6S apresenta valores menores de reflectância quando correlacionado ao DOS, mas sua curva espectral destoa da literatura e se aproxima do comportamento espectral esperado para a classe no sensor MSI (Figura 2 e 3; Gráfico 1), excetuando-se a reflectância observada na banda 8. Percebe-se, então, uma necessidade no refino das amostras desta classe para melhor análise, pois segundo Jensen (2009) pode ser que haja reflectância um pouco maior no infravermelho próximo caso tenha a presença de algas e sedimentos na água.

Para a classe vegetação, esta deve apresentar valores de reflectância maior na faixa do verde em relação ao azul e um decréscimo na faixa do vermelho (Gráfico 2).

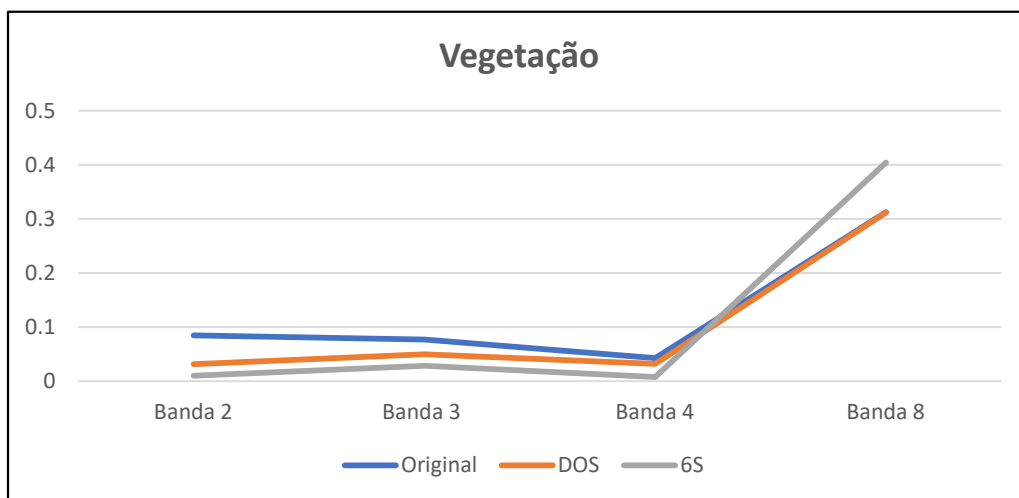


Gráfico 2: Curva espectral da vegetação em reflectância aparente e de superfície

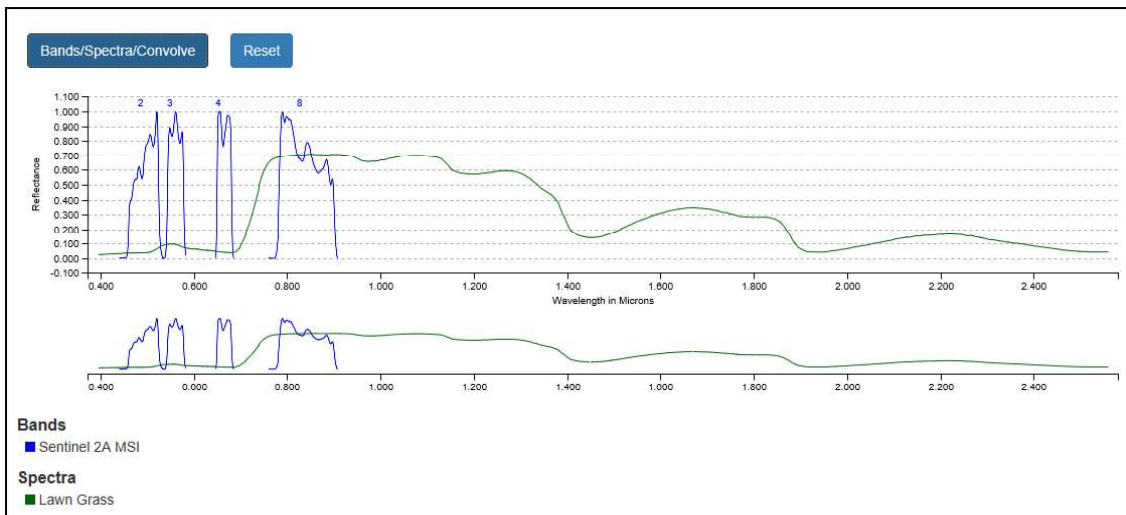


Figura 4: Comportamento espectral da classe vegetação para o sensor MSI/ Sentinel-2A

Fonte: USGS, <https://landsat.usgs.gov/spectral-characteristics-viewer>

Tanto o DOS quanto 6S mostram uma curva espectral que se aproxima da literatura (Figura 2) bem como da que se espera para o sensor (Figura 4), observa-se que na imagem original não houve um aumento entre a faixa do azul e do verde, porém verifica-se um decréscimo. Na faixa do infravermelho é que se observa maior diferença, onde espera-se que a correção aumente os valores de reflectância, e isto se nota melhor no 6S.

A curva espectral da classe solo exposto apresenta aumento de reflectância progressivo entre as bandas analisadas e conforme pode ser observado na bibliografia (Figura 2).

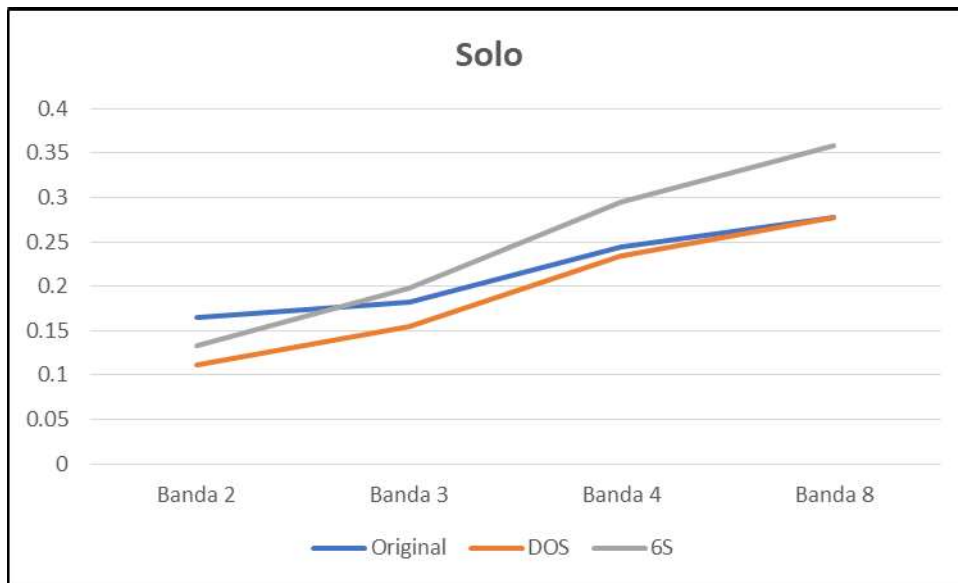


Gráfico 3: Curva espectral da classe solo exposto em reflectância aparente e de superfície

Apesar da autora, não encontrar referência específica para o comportamento desta classe para o sensor MSI, consultando a bibliografia as curvas se adequam ao esperado, não obstante o DOS apresentou valores de reflectância menores do que a imagem original (Gráfico 3). Enquanto que o 6S apresentou valores superiores de reflectância se mostrando mais ajustado a literatura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correção atmosférica se mostrou como uma etapa mais que necessária no pré-processamento de imagens orbitais, visto que através dos gráficos pode se notar como a atmosfera interfere na resposta espectral dos alvos, o que, considerando as etapas posteriores do processamento digital de imagens, pode e muito influenciar nos resultados dos estudos acerca de uso e cobertura, por exemplo.

Nesta análise comparativa observou-se que o 6S apresentou resultados melhores para as classes vegetação e solo exposto, mas reconhece-se que a correção por DOS também apresentou resultados satisfatórios. Quanto a classe a água, nesta o DOS apresentou resultado mais próximo da bibliografia, com aumento na faixa do verde com relação ao azul, mas pouco variância no infravermelho. Para esta classe, a autora reconhece a necessidade no refino das amostras para análises mais precisas.

Por fim, para a imagem Sentinel 2A verifica-se que os dois modelos são válidos para correção, desde que devidamente avaliados. Ambos conseguiram minimizar as

interferências da atmosfera e assim podem auxiliar diferentes pesquisadores em diferentes pesquisas, porém salienta-se a imprescindibilidade de maiores estudos tanto com relação ao comportamento espectral dos alvos quanto as técnicas de correção atmosférica.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERTZ, J. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Noções básicas de interpretação de imagens aéreas e de satélite. Darmestádio, 2007.
- ALCÂNTARA, E. Comportamento Espectral dos Alvos. 2016. Disponível em <<http://www2.fct.unesp.br/docentes/cartoenner/PPGCC/>>, acesso em junho de 2018.
- ANTUNES, M.A.H.; DEBIASI, P.; COSTA, A.R.; GLERICIANI, J.M. Correção Atmosférica de imagens Alos/Avnir-2 utilizando o Modelo 6S. ISSN: 1808-0936. Revista Brasileira de Cartografia. nº 64/4, p. 531-539, 2012.
- 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 junho de 2018.
- GILMORE, S., SALEEM, A., DEWAN, A., Effectiveness of DOS (Dark-Object Subtraction) method and water index techniques to map wetlands in a rapidly urbanising megacity with Landsat 8 data. Brisbane, Australia, 10-12 March 2015. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1323/paper41.pdf> Acesso em agosto de 2018.
- JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009
- LANTZANAKIS G.; MITRAKA Z.; CHRYSOULAKIS, N. Comparison of physically and image based atmospheric correction methods for Sentinel-2 satellite imagery. Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy), Cyprus, April 4-8, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307959143>. Acesso em jul. 2018.
- MILTON, E.J., SCHAEPMAN, M.E., ANDERSON, K., KNEUBÜHLER, M., FOX, N., Progress in field spectroscopy, Remote Sensing of Environment, v. 113, sup. 1, p. S92-S109, Sep. 2009. Disponível em http://www.geo.uzh.ch/microsite/rsi-documents/research/publications/peer-reviewed-articles/2009_FieldSpectroscopy_RSE_TM-2836619008/2009_FieldSpectroscopy_RSE_TM.pdf Acesso em agosto de 2018.
- NICODEMUS, F.É., RICHMOND, J.C., HSIA, J.J., GINSBERG, I.W., LIMPERS, T., Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance. Washington, DC, U.S. Department of Commerce. (NBS Monograph 160). 52 p. Disponível em: <https://graphics.stanford.edu/courses/cs448-05-winter/papers/nicodemus-brdf-nist.pdf> Acesso em agosto de 2018.
- SCHAEPMAN-STRUB, G., SCHAEPMAN, M.E., PAINTER, T.H., DANGEL, S., MARTONCHIK, J.V., Reflectance quantities in optical remote sensing—definitions and case studies, Remote Sensing of Environment, v. 103, n. 1, p. 27-42, Jul. 2006. Disponível em http://www2.geog.ucl.ac.uk/~mdisney/teaching/PPRS/papers/schaepman_et_al.pdf Acesso em agosto de 2018.
- SCHOWENGERDT, R.A., Remote Sensing: Models, and Methods for Image Processing, 3ª Ed., Academic Press, 2007. 515 p. Disponível em: http://www.doganaydal.com/nesneler/kutuphanekitaplar/REMOTE_SENSING_3_ED_MODELS_AND_METHODS_FOR_IMAGE_PROCESSING.PDF Acesso em agosto de 2018.

SOUZA, G.M., ANTUNES, M.A.H., Correção atmosférica de imagens AVNIR-2/ALOS com o modelo 6S no Parque Nacional do Itatiaia. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em:

<http://marte2.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.34.18> Acesso em julho de 2018.

VERMOTE, E. F.; TANRE, D.; DEUZE, J. L.; HERMAN, M. & MORCRETTE, J. J. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: an overview. IEEE Trans. Geosc. and Remote Sens. 35<3>: 675-686, 1997. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.385.6537&rep=rep1&type=pdf> Acesso em agosto de 2018.