

ANÁLISE COMPARATIVA DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA DE CENAS DO LANDSAT 8 UTILIZADANDO OS MÉTODOS 6S E FLAASH

Carine Fernandes Praxedes¹, Valéria Severo de Noronha², Fernando Bezerra Lopes³,
Eveline Menezes Rodrigues da Silva⁴, Thales Rafael Guimarães Queiroz⁵

RESUMO: O sensoriamento remoto possibilita a utilização do espectro eletromagnético como fonte de informação em diferentes estudos ambientais. Nas faixas do visível e do infravermelho é fornecida algumas das principais informações para o entendimento da dinâmica da atmosfera e superfície terrestre. As cenas imageadas sofrem efeitos atmosféricos como o espalhamento da energia, sendo necessário a realização de uma correção atmosférica para o correto manuseio dos dados. A correção pode ser feita por diferentes modelos, o FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes), o mais bem aceito pela comunidade acadêmica e que possui um alto custo associado, e o 6S disponibilizado gratuitamente na plataforma EarthExplorer pertencente a USGS (United States Geological Survey). Com isso, objetivou-se realizar manualmente a correção atmosférica, em uma cena do dia 27/10/2015 órbita/ponto 217/63, do sensor OLI satélite Landsat 8, utilizando a ferramenta Flaash inserida no software Envi 5.1 e comparar com a correção realizada pela USGS. Os resultados mostram que a água apresentou maior diferença de reflectância no espectro do visível, nas bandas 2, 3 e 4, sendo a variação no restante do espectro próxima a zero. Já a vegetação apresentou maior variação no início do visível, nas bandas 2 e 3, e no infravermelho próximo na banda 5. As correções apresentaram pequenas variações entre elas com um R^2 igual 0,84 para água e 0,99 para vegetação. Com isso, conclui-se que a reflectância calculada em ambas metodologias se assemelham, indicando que seus dados podem ser usados em maiores estudos de alvos localizados na superfície terrestre.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto; Correção de imagens; Metodologias.

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE, e-mail: carinepraxedede@gmail.com;

² Graduanda de Agronomia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE, e-mail: eepdv.valeriasevero@gmail.com;

³ Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, e-mail: lopesfb@ufc.br

⁴ Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE, e-mail: evelinemenezessilva@gmail.com;

⁵ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza - CE, e-mail: thalesraf04@hotmail.com.

LANDSAT 8 SCENARIO ATMOSPHERIC CORRECTION ANALYSIS USING 6S AND FLAASH METHODS

ABSTRACT: Remote sensing enables the use of the electromagnetic spectrum as a source of information in different environmental studies. In the visible and infrared ranges some of the key information is provided for understanding the dynamics of the earth's atmosphere and surface. Imaged scenes suffer atmospheric effects such as energy scattering, and it is necessary to perform an atmospheric correction for the correct handling of the data. The correction can be done by different models, the Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH), the most widely accepted by the academic community and has a high associated cost, and the 6S available for free on the EarthExplorer platform belonging to USGS (United States Geological Survey). Thus, the objective was to manually perform the atmospheric correction, in a scene on October 27, 2015 orbit / point 217/63, of the Landsat 8 OLI satellite sensor, using the Flaash tool inserted in the Envi 5.1 software and compare it with the correction. performed by the USGS. The results show that the water showed greater reflectance difference in the visible spectrum in bands 2, 3 and 4, with the variation in the rest of the spectrum close to zero. The vegetation presented greater variation in the beginning of the visible, in bands 2 and 3, and near infrared in band 5. The corrections presented small variations between them with an R^2 equal 0.84 for water and 0.99 for vegetation. Thus, it is concluded that the calculated reflectance in both methodologies are similar, indicating that their data can be used in larger studies of targets located on the earth's surface.

KEYWORDS: Remote sensing; Correction of images; Methodologies.

INTRODUÇÃO

Observações de satélite da superfície terrestre têm sido usadas para fornecer informações sobre os processos do sistema terrestre e para aumentar as previsões da evolução das variáveis relacionadas ao clima, superfície terrestre e processos hidrológicos (PFEIFER *et al.*, 2012).

As imagens orbitais no momento do imageamento estão sujeitas a diversos efeitos atmosféricos que podem interferir nos resultados obtidos em determinados estudos. Sendo a

correção atmosférica, onde ocorre a conversão do número digital para radiância e reflectância, o processo para retirada ou redução desses efeitos (PACIFICI, 2013).

Os principais efeitos observados nas imagens orbitais, devido à presença da atmosfera entre o sensor e a superfície terrestre, são a diminuição da faixa de valores digitais possíveis registrados pelo sensor, diminuição do contraste entre superfícies adjacentes e alteração do brilho de cada ponto da imagem (GOMES *et al.*, 2012).

A reflectância da superfície terrestre é um dos principais componentes para inferição e entendimento das variações e processos hidrológicos (YIN *et al.*, 2019). Ela pode ser calculada para imagens orbitais através de diversos métodos.

Dentre os diversos métodos de correção desses efeitos atmosféricos a literatura relata os métodos alternativos e métodos físicos, os quais podem ser aplicados tanto para imagens de sensores que fornecem imagens multiespectrais quanto imagens hiperespectrais (GOMES *et al.*, 2012).

Os métodos alternativos não necessitam de parâmetros medidos para a superfície terrestre ou atmosfera, como por exemplo dados meteorológicos. Na correção da imagem é utilizado somente os Números Digitais (ND) de cada pixel trabalhado. Já nos métodos físicos, é muito importante o conhecimento e entendimento das propriedades da atmosfera bem como os processos que envolvem a radiação com a atmosfera e com a superfície terrestre.

Segundo Latorre *et al.* (2002), dentre os métodos físicos utilizados que envolvem transferência radiativa atmosférica dois dos mais difundidos são o 6S (*Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum*) e o FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes*). Para utilização do algoritmo FLAASH existe a necessidade de utilização de softwares licenciados para realizar a correção, já a correção com algoritmo 6S é gratuita, obtida na plataforma EarthExplorer da USGS.

Com isso, objetivou-se comparar as correções atmosféricas de uma imagem orbital imageada pelo sensor OLI Landsat 8, pelos algoritmos Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (FLAASH), presente na plataforma Envi e do Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S), disponibilizada pela plataforma USGS.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área

A área de estudo está inserida na região do Sertão Central do Estado do Ceará, região considerada semiárida devido à alta variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviométricas, assim como altas taxas de evaporação característica da região (SOUZA *et al.*, 2017).

Os pontos amostrados foram obtidos dentro do lago Pedras Brancas e vegetação próxima ao lago. Este lago é formado pelo barramento do rio Sitiá, localizado no semiárido cearense, no município de Quixadá. Ele está posicionado sobre coordenadas 9430607 N e 513340 E, na zona 24 Sul, UTM, conforme mostrado na Figura 1.

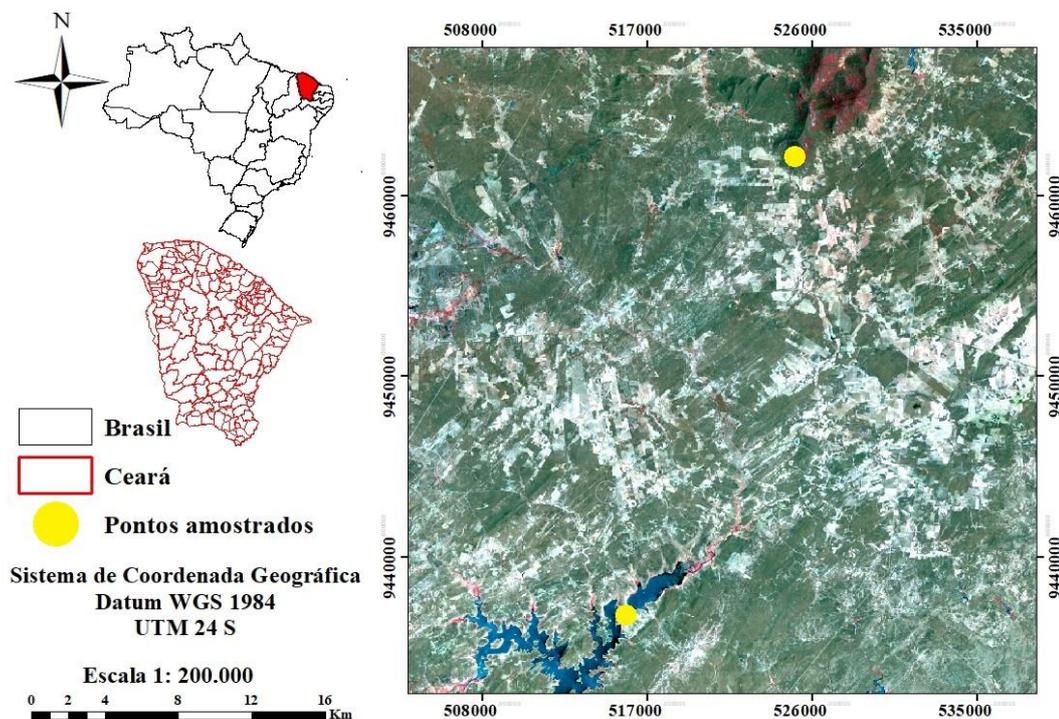


Figura 1. Localização da área de estudo, com cena do satélite Landsat 8 sensor OLI, órbita-ponto 217-63, de 27/10/2015. Composição colorida RGB nas bandas 5 (Infravermelho), 4 (vermelho) e 3 (verde).

Cenas de satélite

A aplicação da correção atmosférica foi realizada para cenas imageadas pelo sensor OLI do Landsat 8, com cobertura da órbita/ponto 217/63, do dia 27/10/2015.

O Landsat 8 é um satélite que fornece imagem a cada 16 dias, possui uma resolução radiométrica de 12 bits, resolução espectral de 11 bandas e resolução espacial de 30 m, exceto para a banda 8 que é 15 m e bandas 10 e 11 que são 100 m.

As imagens foram escolhidas a partir do critério de até 10% de presença de nuvens e foram obtidas gratuitamente através da plataforma *United States Geological Survey* (USGS).

Correção com 6S e FLAASH

A imagem com a correção 6S foi obtida já corrigida na plataforma EartExplorer da USGS. No processamento desta cena para comparação com a cena corrigida com a ferramenta FLAASH foram necessários alguns procedimentos. Para isso, seguiu-se as etapas descritas no fluxograma da Figura 2.

Já para a correção da imagem adquirida sem correção foi utilizado o software Envi versão 5.1 e a ferramenta FLAASH. O tratamento desta imagem foi realizado de acordo com os procedimentos mostrados na Figura 2. O primeiro passo realizado foi o de correção geométrica, onde foi definido o hemisfério de localização da imagem, neste caso hemisfério Sul.

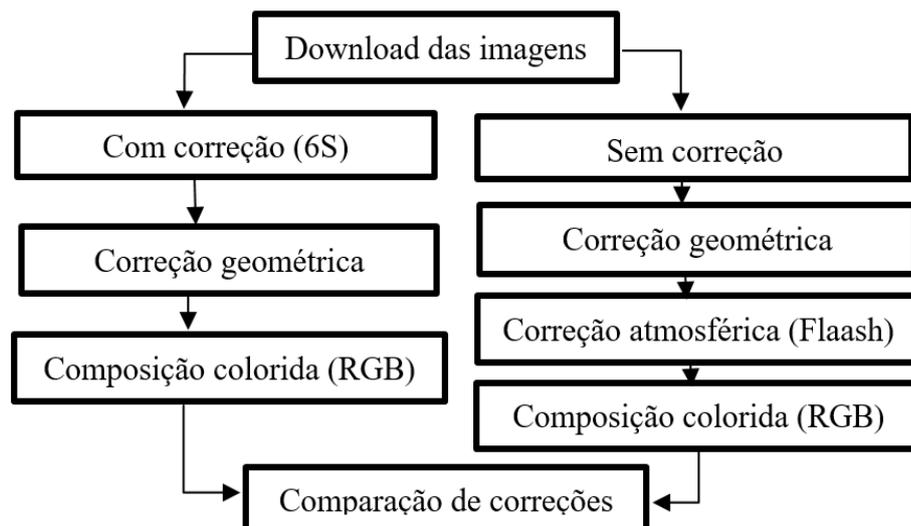


Figura 2. Fluxograma de processamento das cenas.

A etapa de correção atmosférica utilizando o software Envi 5.1 consistiu a princípio da calibração radiométrica, onde a imagem baixada em Número Digital (ND) foi convertida em radiância e depois em reflectância de acordo com as equações disponibilizadas no site da USGS.

A Equação (1) mostra como foi realizada a conversão da cena baixada para radiância espectral utilizando os fatores de redimensionamento da radiância no arquivo MTL.

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

em que: L_λ = Radiância espectral no topo da atmosfera ($W/m^2 * srad * \mu m$); M_L = Fator de redimensionamento multiplicativo específico de cada banda no metadados; A_L = Fator de redimensionamento aditivo específico de cada banda no metadados; e Q_{cal} = Valores do número digital de cada pixel.

Em seguida foi realizado a conversão da radiância espectral no topo da atmosfera para reflectância planetária no topo da atmosfera através da equação (2).

$$\rho_\lambda' = M_p * Q_{cal} + A_p \quad (2)$$

em que: ρ_λ' = Reflexão planetária no topo da atmosfera, sem correção para o ângulo solar; M_p = Fator de redimensionamento multiplicativo específico de cada banda no metadados; A_p = Fator de redimensionamento aditivo específico de cada banda no metadados; e Q_{cal} = Valores do número digital de cada pixel.

Após o cálculo da reflectância ela foi corrigida para o ângulo de elevação do sol para a cena utilizada, para isso foi utilizado a equação (3).

$$\rho_\lambda = \frac{\rho_\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (3)$$

em que: ρ_λ = Reflectância planetária, com correção para o ângulo solar; ρ_λ' = Reflexão planetária, sem correção para o ângulo solar; θ_{SE} = Ângulo de elevação do sol no local, disponibilizado no metadados da cena.

As bandas utilizadas nesta correção foram as do espectro do visível (exceto a banda 1), e as bandas do infravermelho próximo e médio. A banda 1 foi removida com o objetivo de diminuir erros na correção, esta exclusão não acarretou prejuízos aos resultados.

Comparação dos métodos de correção atmosférica

Para comparação dos métodos de correção estudados foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o coeficiente de determinação (R^2) para a identificação de variações entre as correções atmosférica realizadas. Através dele foi calculado a correlação da resposta espectral dos alvos escolhidos, água e vegetação, de cada banda utilizada. A equação utilizada neste procedimento foi a Equação 4.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N x_i * y_i - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i) * (\sum_{i=1}^N y_i)}{N} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N} \right] * \left[\sum_{i=1}^N y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N y_i)^2}{N} \right]} \quad (4)$$

em que: R^2 = Coeficiente de determinação; N = Número de bandas utilizadas, neste caso foram 6; y_i = Valores de reflectância da correção realizada com o 6S; x_i = Valores de reflectância da correção realizada com o FLAASH.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O comportamento espectral dos alvos estudados, água e vegetação, através de diferentes correções atmosféricas, 6S e FLAASH, foram plotadas no gráfico da Figura 3. Os resultados mostram que para a água a maior diferença entre as reflectâncias calculadas ocorreu no espectro do visível, nas bandas 2, 3 e 4, sendo a variação no restante do espectro próxima a zero. Já para a vegetação a maior variação ocorreu no início do visível nas bandas 2 e 3, e no infravermelho próximo na banda 5.

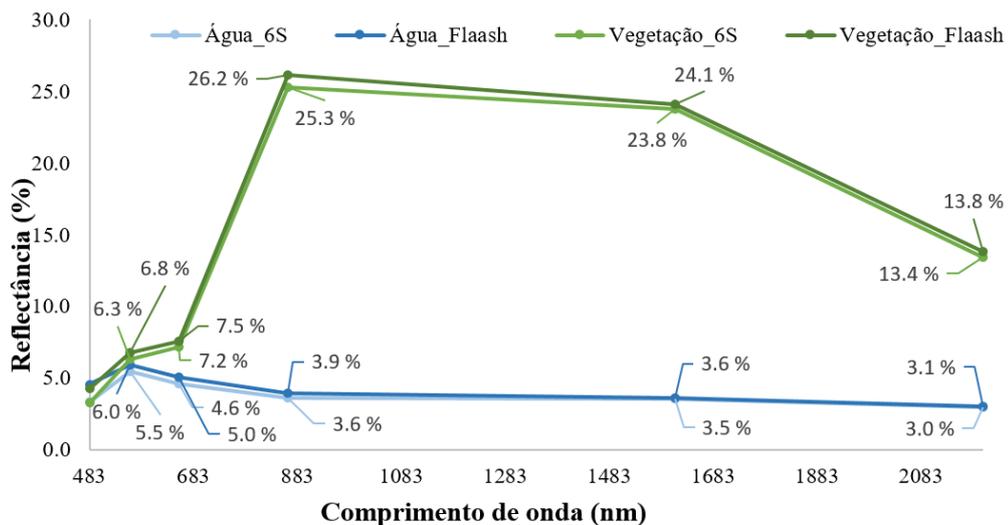


Figura 3. Comparação entre as cenas corrigidas pelos métodos 6S e FLAASH.

Para o ponto amostrado no lago Pedras Brancas a máxima reflectância calculada foi igual a 6% através do FLAASH e 5,5% através do 6S. E a mínima foi 3,1% para o FLAASH e 3% para o 6S. Sendo a máxima reflectância atingida na região do visível e a mínima reflectância atingida na região do infravermelho próximo.

A reta que melhor se ajustou aos pontos de reflectância para a água teve um coeficiente de determinação igual a 0,84, indicando que a correção realizada pelo FLAASH está representada em 84% da correção realizada com o 6S, ou seja, os resultados das correções se aproximam em 84% (Figura 4), o que mostra uma boa correlação entre os métodos comparados.

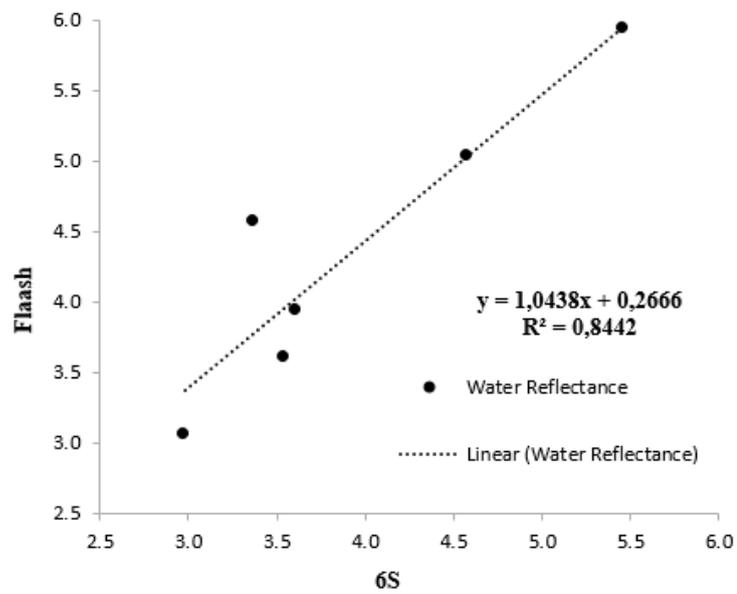


Figura 4. Correlação das reflectâncias da água.

Para o ponto amostrado na vegetação a máxima reflectância calculada foi igual a 26,2% através do FLAASH e 25,3% através do 6S. E a mínima foi 4,3% para o FLAASH e 3,3% para o 6S. Sendo a máxima reflectância atingida na região do infravermelho próximo e a mínima reflectância atingida na região do visível.

Na vegetação a comparação através do coeficiente de determinação foi mais satisfatória que na água, com valor obtido igual a 0,99, indicando que os métodos de correção utilizando o FLAASH ou o 6S possuem uma excelente correlação, com aproximação de dados em 99% (Figura 5).

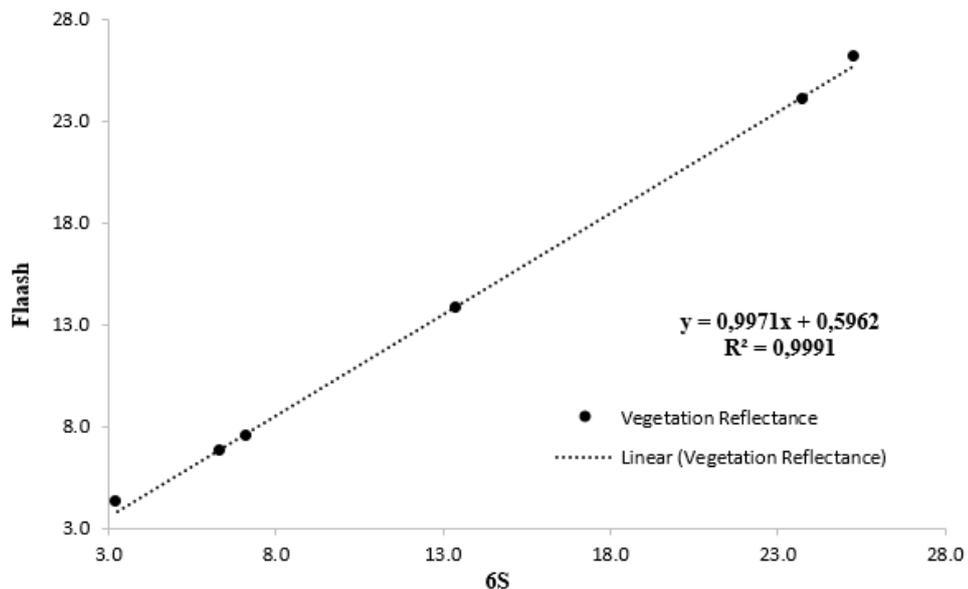


Figura 5. Correlação das reflectâncias da vegetação.

Em outros estudos, como o de Trindade, Saldanha e Filho (2017), onde compararam a correção atmosférica através do método 6S realizada pela USGS com os métodos Flaash e DOS, foi verificado que as menores diferenças entre os valores de reflectância de superfície foram encontradas entre as imagens corrigida pela USGS e a corrigida com o uso do Flaash. Ratificando assim a grande similaridade existente nos resultados de comparação entre o 6S e o Flaash neste estudo.

CONCLUSÕES

No geral todas as reflectâncias obtidas através do FLAASH foram superiores às reflectâncias obtidas com o 6S, no entanto as variações entre as correções foram pequenas, apresentando uma alta correlação e coeficiente de determinação igual 0,84 para água e 0,99 para vegetação.

A reflectância calculada em ambas metodologias se aproximaram bastante, mostrando-se representativas dos alvos amostrados, indicando assim que pode ser utilizado ambos os modelos de correção atmosférica em maiores estudos de variações e mudanças espaciais de alvos localizados na superfície terrestre.

AGRADECIMENTOS

À Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará – ADECE e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES

REFERÊNCIAS

GOMES, D.; VICENTE L. E.; CARVALHO S.; VICTORIA D.; ANDRADE R. G.; AGNESE M. L.; SILVA R. F. B.. Avaliação comparativa de correção atmosférica de imagens Landsat utilizando MODTRAN e Dark Object Subtraction. **XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Campinas, p.1-9, 2012.

LATORRE, M.; CARVALHO J. O. A.; CARVALHO, A.P.F., SHIMABUKURO, Y.E. Correção Atmosférica: Conceitos e Fundamentos. **Espaço & Geografia**, v. 5, p. 153-178, 2002.

PACIFICI, F.. Atmospheric compensation in satellite imagery. **Digitalglobe Inc**, Us, p.8-13, 15 mar. 2013. Disponível em: <<https://patentimages.storage.googleapis.com/0a/1c/67/608af1fa41dcaa/US9990705.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

PFEIFER, M.; DISNEY, M.; QUAIFFE, T.; MARCHANT, R. (2012). Terrestrial ecosystems from space: a review of earth observation products for macroecology applications. **Global ecology and biogeography: a journal of macroecology**. 21(6):603–624.

SOUZA E. G.; STUDART, T. M. C.; PINHEIRO, M. I. T.; CAMPOS, J. N. B., Segurança hídrica do reservatório Castanhão-CE: aplicação da matriz de sistematização institucional. **Eng Sanit Ambient**, 2017. [S.l.], p. 877-887. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1413-41522017000500877&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 17 mar. 2019.

USGS - **UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY**. EarthExplorer. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em: 16 mar. 2019.

TRINDADE P. M. P.; SALDANHA, D. L.; FILHO W. P.. Imagem de reflectância de superfície USGS como referência para comparação de diferentes métodos de correção atmosférica. **Inpe**, Santos, p.3160-3167, 28 maio 2017.

YIN, F. *et al.* A sensor-invariant atmospheric correction method: application to Sentinel-2/MSI and Landsat 8/OLI. p.1-42, 21 fev. 2019. **Center for Open Science**. <http://dx.doi.org/10.31223/osf.io/ps957>.