

CORREÇÃO ATMOSFÉRICA DE IMAGENS DO SENSOR WFI DO CBERS-4 ATRAVÉS DO MÉTODO DARK OBJECT SUBTRACTION (DOS)

Breno Yuri Costa Nunes¹, Leonardo da Silva Simões¹, Guilherme Souza de Aquino¹, Roberto Rosa¹,
Patrícia Soares Rezende¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia - UFU/IG
38400-902 - Uberlândia - MG, Brasil

breno_1697@hotmail.com; leonardosimoes7577@hotmail.com; ps.rezende@hotmail.com; guigeo.sig@gmail.com;
rrosa.geo@gmail.com

RESUMO

O Dark Object Subtraction é um método simples para corrigir efeitos atmosféricos de imagens de satélite. Quando se trabalha com cenas de satélites como Landsat, Sentinel, esta correção pode ser feita com softwares livres que em segundos normalizam a imagem. Porém, ainda nada semelhante em termos de softwares livres para este tipo de correção atmosférica foi desenvolvido para cenas dos satélites CBERS-4. Este artigo propõe uma solução para tal problema. Utilizando a formulação do *Semi-Automatic Classification Plugin* (software corretor de efeitos atmosféricos), foram gerados e comparados dois recortes de cenas idênticas do sensor WFI do CBERS-4 para o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Uma delas foi corrigida pelo método, e outra não, focando no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, uma vez que ele sofre influência atmosférica. A aplicação das fórmulas e manipulação das imagens, considerando os valores da planilha online, foi feita com o software livre QGIS.

Palavras-chave — SCP, NDVI, QGIS.

ABSTRACT

The DOS (Dark Object Subtraction) is a simple method of atmosphere effects correction in a satellite image. When working with satellite scenes such as Landsat, Sentinel, this correction can be made through free softwares which in seconds normalize the image. However, currently, nothing similar has been developed that can be used in the same way in CBERS-4 scenes. This article proposes a solution to such a problem. Using a formulation present in the SCP plugin (Semi-Automatic Classification Plugin, corrector software of atmosphere effects), two cuts of identical scenes of the sensor WFI of CBERS-4 were generated and compared for the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, one of them, corrected by the method, and the other one no, focusing on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), once this index is influenced by the atmosphere. The formulas application and image manipulation, considering the values from the online spreadsheet, was made using free software QGIS.

Key words — SCP, NDVI, Q-GIS.

1. INTRODUÇÃO

Lançado em meados de 1999, a série de satélites CBERS é uma estrutura de sensoriamento remoto muito importante para o Brasil, uma vez que colocou o país no seleto grupo de detentores da tecnologia de geração de dados primários de sensoriamento remoto e dando continuidade na disponibilização de imagens em dezembro de 2014 lançou-se o satélite CBERS-4 [1]. Contudo, percebe-se que, o número de pesquisas e artigos utilizando materiais provenientes do CBERS-4 ainda é relativamente baixo.

Através de um trabalho que envolve a correção dos efeitos atmosféricos de uma imagem do sensor WFI do CBERS-4 para o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, com foco no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), foi possível perceber a diferença e o realce que uma correção atmosférica pode gerar nesse índice, quando se compara a imagem normalizada, com a bruta. É interessante ressaltar que a escolha do sensor WFI se deu pelo julgamento dos autores que este seria mais adequado à análise de uma área de grande extensão, tendo em vista que a mesma está abarcada por uma única cena do sensor (866 km²).

Segundo Rouse, o NDVI foi um dos primeiros índices de vegetação da história, sendo uma relação normalizada entre a banda infravermelha e a vermelha [2]. É necessário, portanto, trabalhar com sensores que possuam essas duas bandas disponíveis, como é o caso do WFI do CBERS. De acordo com a Nasa, quanto mais luz uma planta absorve, melhores taxas de fotossíntese ela irá apresentar, tendendo a ser mais produtiva [3]. Da mesma forma, quanto menos luz, menos fotossíntese e, conseqüentemente, menor produção. Ambos os cenários resultam em valores de NDVI que, de acordo com o tempo, podem estabelecer condições normais de crescimento para a vegetação de certa localidade.

Ainda não foram desenvolvidos softwares livres e de fácil acesso capazes de automatizar a correção de efeitos atmosféricos em imagens do satélite CBERS-4, embora no caso de outros satélites essas ferramentas (plugins/softwares) já possuem formulações de forma gratuita na rede.

Um exemplo de plugin para correção atmosférica que tem seu algoritmo disponível para acesso é o *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*, desenvolvido por Congedo, reconhecido mundialmente por corrigir efeitos

atmosféricos em imagens de inúmeros satélites na plataforma livre QGIS [4]. A partir desse material foi possível realizar os cálculos que normalizaram as cenas do CBERS-4.

Partindo dessa experiência, este trabalho tem como objetivo mostrar que é possível corrigir efeitos atmosféricos em cenas dos satélites CBERS-4. Sabendo da importância desses dados, principalmente no Brasil, busca-se também demonstrar que esses satélites produzem material excelente para diversas áreas de estudo, especialmente para a geração de índices, como é o caso do NDVI. Além disso, espera-se fomentar a criação de softwares livres capazes de automatizar o trabalho daqueles que utilizam as imagens da série CBERS.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo se situa no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, formada por 66 municípios e com uma população de cerca de 2.279.478 habitantes de acordo com o censo demográfico do IBGE de 2014 [5].

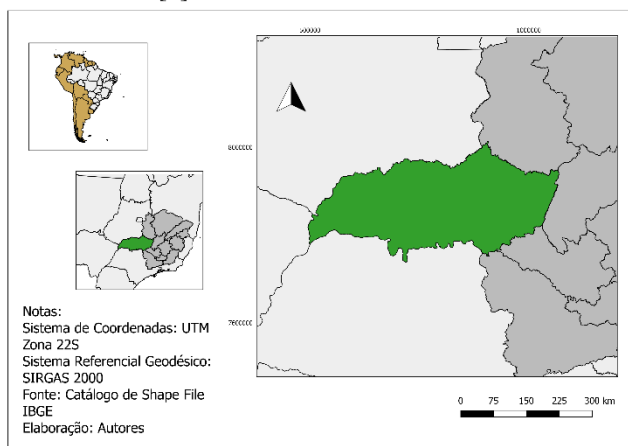


Figura 1. Localização da Região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

A vegetação do território é predominantemente caracterizada pelo bioma Cerrado, com manchas de Mata Atlântica. A região tem o clima bem definido ao longo do ano, com períodos de seca no inverno e chuva no verão.

2.2 Procedimentos metodológicos

A cena foi obtida no catálogo de imagens do satélite CBERS-4 sensor WFI, fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados foram adquiridos na imagem cuja órbita/ponto é 159/123, no dia 2 de maio de 2018, em que (ϕ) latitude, (NDA) dias julianos e (H) hora [6].

$$\Phi = -20,23633$$

$$NDA = 122$$

$$H = 13,34861111$$

A correção atmosférica na imagem pode ser realizada a partir da planilha eletrônica disponível online < https://drive.google.com/file/d/1Jz5r_Gl0n8yEf1GiJY5qRv9GFS4rWoa0/view > no qual as variáveis utilizadas para os cálculos são : (D) declinação solar, (h) ângulo horário, (z) ângulo zenital e (d) distância Terra-Sol, com base na fórmula proposta por Rosa [7]:

$$D = 15,2103631$$

$$h = -24,9583333$$

$$z = 0,730104065$$

$$d = 1,0169461 \text{ UA}$$

A Tabela 1, disponibilizada pelo INPE, apresenta as características de cada banda do sensor WFI, utilizadas para calcular os parâmetros dispostos na transformação da imagem para reflectância [8]. Havendo as informações da tabela abaixo e possível aplicar o método de correção proposto a qualquer sensor que tenha tais informações.

Tabela 1. Característica das bandas do sensor WFI.

Banda WFI	Comp. de onda	Rad. máx. (Lmáx)	Rad. mín. (Lmín)	Refle. máx.
B13 (B)	0,45 a 0,52	343,4	35,3	0,6
B14 (G)	0,52 a 0,59	361,2	25,7	0,7
B15 (R)	0,63 a 0,69	306,9	12,9	0,7
B16 (NIR)	0,77 a 0,89	243,4	8,9	0,8

B = blue; G = green; R = red; NIR = infravermelho próximo; Comp. de onda = comprimento de onda (μm); Rad. máx. = radiância máxima ($W \times m^{-2} \times sr^{-1} \times \mu\text{m}^{-1}$); Rad. mín = radiância mínima ($W \times m^{-2} \times sr^{-1} \times \mu\text{m}^{-1}$); Refle. máx. = reflectância máxima, em %.

Os dados das imagens obtidas nos sensores são armazenados como números digitais (DN), e para a aplicação do método DOS proposto por Chavez Jr. – e reaplicado por Congedo e Gürtler et al. – é necessário transformar os DNs em radiância utilizando a seguinte equação [4, 9-11]:

$$L_b = G \times DN + Offset$$

em que:

L_b = valor da radiância para cada banda

G = fator de ganho calculado para a banda

DN = número digital de saída para cada sensor

Offset = fator offset calculado para cada banda

Os parâmetros utilizados na transformação de DN em radiância variam de sensor para sensor, uma vez que a transformação depende das informações obtidas em cada banda. Sendo assim, os parâmetros foram calculados a partir das equações de Pinto demonstradas a seguir [12]. Para calcular o fator de ganho de cada sensor:

$$G = \frac{Lmáx - Lmín}{DNmáx - DNmín}$$

em que:

DNmáx = número digital máximo
DNmín = número digital mínimo

Para o fator offset para cada banda:

$$Offset = Lmín - G \times DNmín$$

Para o cálculo da irradiância solar, utilizou-se a fórmula proposta por [4]:

$$ESUN = (\pi \times d^2) \times \frac{Lmáx}{REFLEmáx}$$

em que:

ESUN = irradiância solar
d = distância Terra-Sol
REFLEmáx = Reflectância máxima

Tabela 2. Parâmetros utilizados na transformação de ND em radiância.

Banda WFI	G	Offset	ESUN
B13 (B)	0,3009	35,3	1827,581
B14 (G)	0,3276	25,7	1647,697
B15 (R)	0,2871	12,9	1399,995
B16 (NIR)	0,229	8,9	971,5344

G = fator de ganho calculado para a banda ($W/m^2 \times sr \times \mu m$);
Offset = fator offset calculado para cada banda ($W/m^2 \times sr \times \mu m$);
ESUN = irradiância solar ($W/m^2 \times \mu m$).

Fonte: Autores, 2018.

A correção atmosférica DOS proposta pelo SCP Plugin [4] envolve a transformação dos DNs para a subtração da radiância do objeto escuro, que equivale a 1% da reflectância [4]. Nesse sentido, a radiância de subtração pode ser calculada através da equação:

$$Lp = Lb - L1\%$$

em que:

Lp = radiância de subtração
L1% = radiância do objeto escuro
Lb = radiância da banda

A radiância do objeto escuro é representada no SCP Plugin [4] pela equação

$$L1\% = \frac{0,01 \times ESUN * \cos z}{(\pi \times d^2)}$$

O resultado final da imagem corrigida deve ser expresso em valores de reflectância na superfície terrestre pela seguinte equação [4]:

$$\rho = \frac{\pi \times (Lb - Lp) \times d^2}{ESUN \times \cos z}$$

em que:

ρ = valor de reflectância para a banda

Para a imagem com correção atmosférica subtrai-se da radiância de cada banda (Lb) o valor da radiância de subtração (Lp). Na imagem sem correção não se subtrai o valor da radiância de subtração.

A fim de comparar os valores dos pixels da imagem corrigida com a imagem sem correção, foi gerado o índice de vegetação (NDVI). Por ser fortemente influenciado pela correção atmosférica, a partir desse índice é possível perceber a diferença entre as imagens. O NDVI foi gerado pela seguinte equação, apresentada por Jensen [13]:

$$NDVI = \frac{(P nir - P red)}{(P nir + P red)}$$

Em que:

P nir = banda do infravermelho próximo
P red = banda do vermelho

Todos os cálculos foram executados com a calculadora Raster do software livre QGIS [14].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para alcançar o objetivo proposto, escolheu-se um dos índices mais utilizados em sensoriamento remoto, o NDVI. Por sua sensibilidade à influência atmosférica, o NDVI pode ter seu valor aumentado ou diminuído, a depender das condições atmosféricas durante a aquisição da imagem [15].

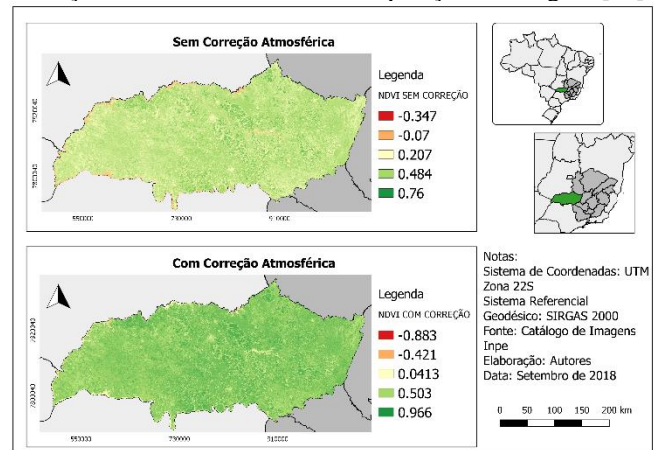


Figura 2. Influência do Método (DOS) no Índice de Vegetação.

Após a correção atmosférica (Figura 2), e considerando os valores do NDVI, foi perceptível uma sensível mudança visual na imagem. Houve aumento no contraste da imagem, aliado a um aumento dos limites do índice, que se aproximaram mais do limite tradicional da equação, entre -1 e 1.

A fim de aferir a eficiência do método proposto e verificar a diferença do índice na imagem corrigida e não corrigida, realizou-se uma comparação espectral do pixel de duas áreas definidas (urbana e agricultura) (Figura 3).

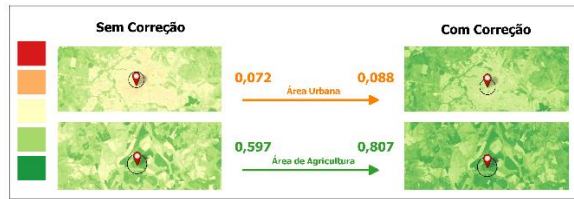


Figura 3. Comparação espectral de alvos

Dentro dessas zonas estabelecidas, fixou-se apenas um pixel dessa região onde se obteve o valor de cada pixel escolhido. Ao verificarmos o resultado apresentado na figura 3, constata-se que na zona urbana não houve um aumento significativo no valor do pixel, de 0,072 para 0,088; entretanto no caso da zona de agricultura apresentou-se um aumento significativo de 0,597 para 0,807. Com base nos valores apresentados, é nitido que a proposta de correção atmosférica pelo método (DOS) tem melhores resultados sobre a geração de índices como o NDVI, dado que a correção aprimora os intervalos de dados, aproximando gradativamente aos intervalos de -1 a 1.

4. CONCLUSÕES

No que diz respeito aos resultados do método DOS na correção de efeitos atmosféricos, pode-se dizer que os objetivos propostos foram alcançados com sucesso. A metodologia proposta por Chavez Jr. não é a mais completa nem a mais precisa para corrigir uma imagem, mas trata-se de uma forma simples de se normalizar uma cena. Além disso, se aplica muito bem a geração de índices, como é o caso do NDVI. Isso ficou evidente quando se comparou uma aplicação desse índice em uma cena do sensor WFI do CBERS-4, para a região do Triângulo Mineiro, onde os pixels corrigidos foram realçados, gerando uma melhoria geral na cena.

Ademais, este artigo procurou trazer um conteúdo que possa servir de auxílio a todos aqueles que desejam trabalhar com cenas dos satélites CBERS-4, e que devido a algumas dificuldades, como falta de informações ou ausência de softwares, acabam desistindo. Esperamos, contribuir com a utilização do CBERS-4 em novos trabalhos e fomentando o desenvolvimento de novos programas voltados a essa série de satélites.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o professor doutor Claudionor Ribeiro da Silva pela ajuda na correção atmosférica e à Capes pela bolsa de estudos de doutorado, Código de Financiamento 001. Este trabalho está vinculado ao projeto CNPq 301995/2016-8.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, “Sobre o CBERS”, 5 fev. 2018. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/sobre/index.php>>. Acesso em: 13 ago. 2018.
- [2] Rouse J. W. et al., “Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS”. *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, Washington, D.C., 1973. Washington, D. C.: Nasa, 1973. pp. 309-317.
- [3] National Aeronautics and Space Administration, “Measuring Vegetation (NDVI & EVI)”, 2000. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_4.php>. Acesso em: 3 set. 2018.
- [4] Congedo, L., “Semi-automatic classification plugin documentation: release 4.8.0.1”, 2016. Disponível em: <<https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v5/latest/semiautomaticclassificationmanual-v5.pdf>>. Acesso em 30 jul. 2018 >.
- [5] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, “Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01.07.2014”, 3 set. 2014. Disponível em: <ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014/default.shtm>. Acesso em 25 ago. 2018 >.
- [6] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, “Catálogo de imagens”, 2018. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- [7] Rosa, R., “Introdução ao sensoriamento remoto”. Uberlândia: Edufu, 2009.
- [8] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, “Câmeras Imageadoras CBERS-3 e 4”, 5 fev. 2018. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers3-4.php>>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- [9] Chavez Jr., P. S., “An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data”. *Remote Sensing of Environment*, v. 24, n. 3, pp. 459-479, 1988.
- [10] Chavez Jr., P. S., “Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper multispectral images”. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 55, n. 9, pp. 1285-1294, 1989.
- [11] Gürtler, S. et al., “Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ Landsat”. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 2, n. 57, pp. 162-167, 2005.
- [12] Pinto, C. T., “Uncertainty evaluation for in-flight radiometric calibration of earth observation sensors” 2016. 163 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.
- [13] Jensen, J. R., “Sensoriamento remoto: uma perspectiva em recursos terrestre”. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- [14] QGIS, “QGIS: um sistema de informação geográfica livre e aberto”, 2018. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/> Acesso em: 3 maio 2018.
- [15] Holben, B. N., “Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data”. *International Journal of Remote Sensing*, v. 7, n. 11, pp. 1417-1434, 1986.