

## Correções atmosféricas de imagens OLI Landsat 8 com dados visibilidade horizontal de campo e de aeroporto

Isadora Ferreira Bolpato <sup>1</sup>  
Mauro Antonio Homem Antunes <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ  
Inst. de Tecnologia/Dep. de Engenharia - 23897-000 - Seropédica- RJ, Brasil  
isadora.bolpato@hotmail.com  
homemantunes@gmail.com

**Abstract.** The accurate use of satellite images for mapping and environmental monitoring requires the image transformation to ground reflectance through atmospheric correction. The most difficult parameter to obtain for the atmospheric correction is the horizontal visibility. The objective of this paper is to present the comparison of atmospheric correction of OLI Landsat 8 images using horizontal visibility from field inspection and from airport data. OLI images were acquired from three dates, 02/26/2014, 02/10/2014, 10/11/2015 and 04/20/2016 and field work was conducted at the same time of satellite overpass and horizontal visibility was obtained by observing target at different distances and recording the maximum distance at which targets could be identifiable by visual inspection. Horizontal visibility was also downloaded from the Galeão airport data, to which the obtained values were 10km as this is the maximum value recorded for this airport. Atmospheric correction was carried out for the two sources of horizontal visibility using the Atmcor4OLI program, adapted through the 6S code. The comparison between the two methods was through graphs of surface and apparent reflectance for typical targets and by a statistic test. The results show that the atmospheric correction is necessary to analyze the spectral response of the targets. The visibility of the airport yield surface reflectance different from the correction with field obtained data, mainly for clear atmospheres, while for visibility close to 10km the difference was smaller. It is concluded that an accurate source of horizontal visibility is key for obtaining correct surface reflectance values.

**Palavras-chave:** surface reflectance, atmospheric optical depth, image radiometric correction, reflectância da superfície, profundidade óptica de aerossóis, correção radiométrica de imagens.

### 1. Introdução

Em sensoriamento remoto, a correção atmosférica é realizada com o intuito de eliminar os efeitos provenientes da atmosfera, reduzindo a influência dos gases e aerossóis. A atmosfera caracteriza-se como fonte de erro gerando degradações que alteram radiometricamente a imagem. A correção atmosférica é de suma importância para estudos ambientais baseados no comportamento espectral dos alvos das feições de interesse, já que sem ela os índices espectrais de cada feição podem diferenciar-se muito devido a interferências atmosféricas (De Paula et al., 2012).

Além das correções das distorções relacionadas à sua geometria, para que se possa extrair informações precisas da superfície é necessário realizar correções nas imagens a fim de torná-las isentas dos efeitos atmosféricos e. A utilização das imagens sem as devidas correções radiométricas pode levar a interpretações erradas, principalmente quando são usados diferentes sensores, diferentes épocas e envolve a utilização de índices de vegetação (Antunes, et al., 2012).

Isso envolve não só a aplicação da calibração do sensor para a obtenção da radiância a nível de satélite mas também a transformação desta em reflectância a nível de satélite e posteriormente em reflectância a nível de superfície. Esta última transformação requer o uso de um modelo de transferência radiativa para a quantificação dos efeitos atmosféricos nas imagens. Moran et al. (1992) concluíram que o uso de modelo de transferência radiativa é mais aconselhável para as correções atmosféricas do que a utilização do método de subtração do pixel escuro proposto por Chavez (1988).

A correção atmosférica é bastante sensível à visibilidade horizontal e consequentemente deve-se analisar a melhor metodologia para a obtenção desses valores (Antunes e Debiasi, 2015, Maia et al, 2015). A visibilidade horizontal, classificada como a distância máxima em que um observador pode visualizar e identificar um objeto que encontra-se perto do plano horizontal, é determinado pela distribuição de massa e tamanho dos aerossóis no ar, tais aerossóis podem se originar de forma natural ou através de atividades humanas. A partir da visibilidade horizontal o modelo obtém a profundidade óptica de aerossóis

A capacidade de realizar a visibilidade horizontal envolve alguns fatores como a distância, a acuidade visual do observador, a posição e elementos de bloqueio entre o observador e o alvo que impedem o procedimento de tal parâmetro meteorológico. A identificação dos alvos terrestres é interferida pela interação da atmosfera com a radiação eletromagnética. Segundo Zullo (1996) a atmosfera gera “alterações na faixa de valores digitais registrados pelo sensor, alteração do brilho de cada ponto da imagem e diminuição do contraste entre superfícies próximas”.

O satélite Landsat 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013 (Roy et al, 2014) com dois sensores à bordo, o “Operational Land Imager” (OLI) que coleta imagens na faixa do espectro solar e o “Thermal Infrared Sensor” (TIRS) na faixa do infravermelho termal. Estes sensores fazem parte da continuidade de dados da série Landsat e têm grande importância no monitoramento e mapeamento as superfície terrestre. A Tabela 1 traz as características do sensor OLI, que será utilizado neste trabalho.

Tabela 1. Características do sensor OLI.

Resolução espectral (FWHM)*	Banda 1 – azul: 0,43-0,45 $\mu\text{m}$ Banda 2 – azul: 0,45-0,51 $\mu\text{m}$ Banda 3 – verde: 0,53-0,59 $\mu\text{m}$ Banda 4 – vermelho: 0,64-0,67 $\mu\text{m}$ Banda 5 – infravermelho próximo: 0,85-0,88 $\mu\text{m}$ Banda 6 – infravermelho médio: 1,57-1,65 $\mu\text{m}$ Banda 7 – infravermelho médio: 2,11-2,29 $\mu\text{m}$ Banda 8 – pancromática: 0,50-0,68 $\mu\text{m}$ Banda 9 – cirrus: 1,36-1,38 $\mu\text{m}$
Resolução radiométrica	12 bits
Resolução temporal	16 dias
Resolução espacial	30m (15m pan)

\* Full width at half maximum (largura à meia altura da sensibilidade máxima)

Fonte: Roy et al (2014).

Existe grande dificuldade na obtenção dos dados de visibilidade horizontal para realizar as correções atmosféricas. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar os resultados das correções atmosféricas em imagens OLI do Landsat 8 com dados de visibilidade horizontal obtidos a partir de observações em campo e de aeroportos próximos à área de interesse.

## 2. Material e Métodos

Foram utilizadas nesse trabalho imagens ortorretificadas do sensor OLI do Landsat 8 da órbita/ponto 217/76 e datas 10/02/2014, 26/02/2014, 11/10/2015 e 20/04/2016. Os valores

de visibilidade horizontal foram baixados dos dados METAR do aeroporto Galeão localizado na cidade do Rio de Janeiro e também obtidos através da análise da visibilidade horizontal para alvos localizados a distâncias conhecidas. Esta análise consistiu em verificar se estes alvos estavam visíveis e identificáveis, sendo a visibilidade horizontal a média da distância ao alvo visível e identificável mais distante e do alvo seguinte (em distância) que não estava identificável. Os trabalhos de campo foram realizados no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) nas mesmas datas e horários da passagem do satélite Landsat 8.

As imagens do sensor OLI Landsat 8 foram importadas para o software SPRING (Câmara et al., 1996) para serem exportadas no formato raw a fim de se realizar as correções atmosféricas. Posteriormente foram convertidas para reflectância aparente no SPRING e também foi feita a correção atmosférica com o modelo Atmcor4OLI, utilizando os dados de visibilidade obtidos a campo e correções atmosféricas através de dados de visibilidade obtidos do aeroporto. Os valores de visibilidade obtidos a campo foram de 12, 13, 16 e 17 km para as respectivas datas em que foram feitos trabalhos de campo enquanto que os dados METAR do aeroporto do galeão foram de 10 km visto que valores acima de 10km não são registrados pelo sistema de coleta na maioria dos aeroportos. Obtidas as imagens de reflectância da superfície e aparente, foram tomadas amostras de cada feição representativa (água, vegetação e solo exposto) para serem analisadas através de gráficos e através do teste-t pareado.

O modelo Atmcor4OLI foi adaptado para a correção atmosférica das imagens OLI do Landsat 8 em 16 bits a partir do código 6S (Vermote et al, 1997) e como resultado tem-se a reflectância da superfície em real de 32 bits. Os parâmetros utilizados nas correções atmosféricas são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de entrada usados no modelo Atmcor4OLI.

Atributo	Imagens do OLI Landsat 8			
Data das imagens	10/02/2014	26/02/2014	11/10/2015	20/04/2016
Horário UTC decimal do centro da cena	12,881748	12,878208	12,866853	12,859030
Modelo dos gases	Tropical			
Modelo de aerossóis	Continental			
Longitude do centro da cena	-43,682792			
Latitude do centro da cena	-22,780867			
Altitude média da região de interesse	50 m			
Distância Sol-Terra (UA <sup>*</sup> )	0,9901906	0,9868189	0,9983808	1,0048038
Elevação solar	54,8978°	56,9608°	59,3760°	44,2555°
Visibilidade obtida a campo	13 km	16 km	12 km	17 km
Visibilidade METAR	10 km	10 km	10 km	10 km

\* Unidades Astronômicas

### 3. Resultados e Discussão

Como resultado da correção atmosférica obtemos as imagens corrigidas com informações de reflectância a nível de superfície. Tais informações foram dispostas em gráficos a fim de comparar os resultados e analisar os métodos apresentados neste trabalho.

#### 3.1 Reflectância aparente versus reflectância da superfície

A Figura 1 mostra que a reflectância da água é bem sensível à correção atmosférica tanto para água limpa como para água com sedimentos principalmente na faixa do visível. A Figura 2 mostra a sensibilidade da vegetação, com diferenças entre a faixa do visível e do infravermelho próximo. Já para o solo exposto (Figura 3) as diferenças são maiores para o infravermelho próximo.

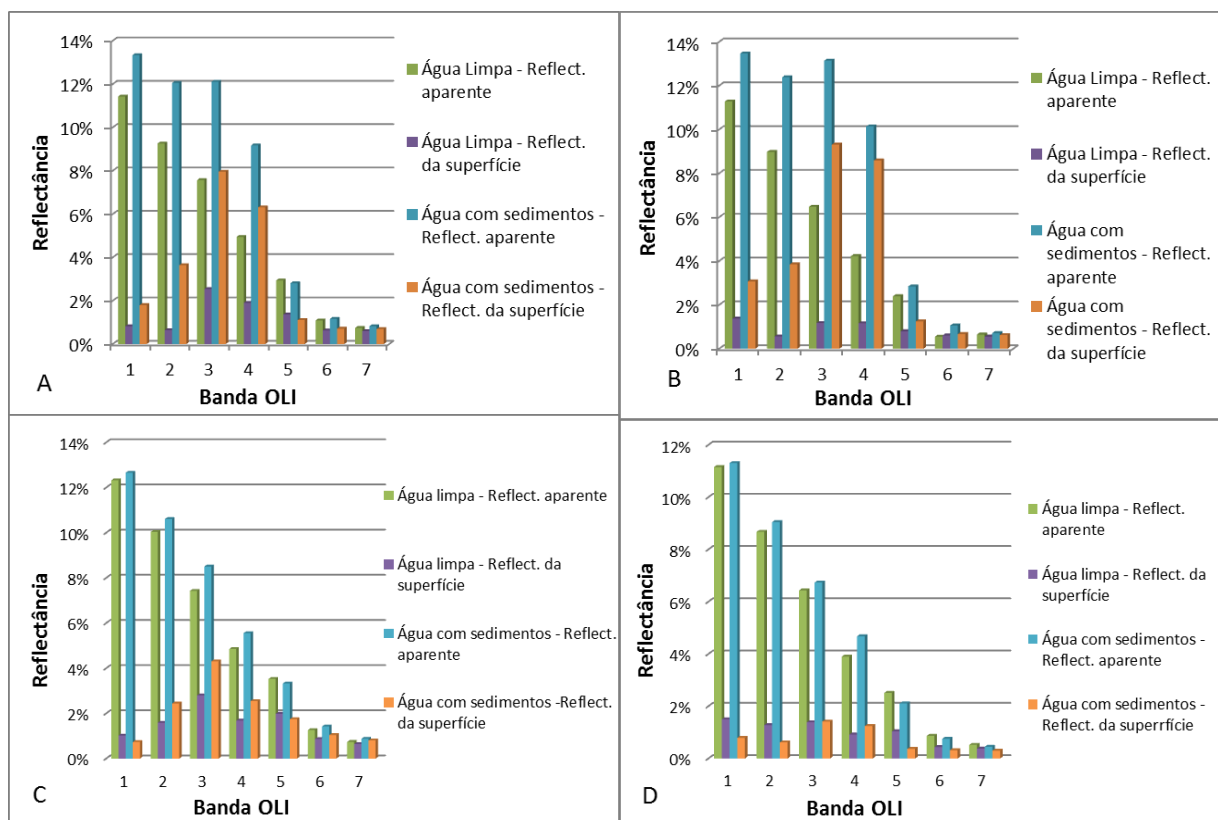


Figura 1. Reflectância aparente e a nível de superfície da água limpa e com sedimentos por datas das imagens. A) Data de 10/02/2014; B) Data de 26/02/2014; C) Data de 11/10/2015; D) Data de 20/04/2016.

As Figuras 1 a 3 mostram que há uma grande diferença entre os valores de reflectância aparente e reflectância da superfície, mostrando assim a necessidade de se fazer as correções atmosféricas quando se utiliza imagens de satélites. As maiores diferenças foram em relação às bandas do visível, em que o espalhamento se deve principalmente aos gases da atmosfera (espalhamento Rayleigh). Na faixa do infravermelho próximo e médio as diferenças são menores e na maioria dos casos reflectância aparente foi menor do que a da superfície devido à absorção da radiação pela água em forma de vapor na atmosfera.

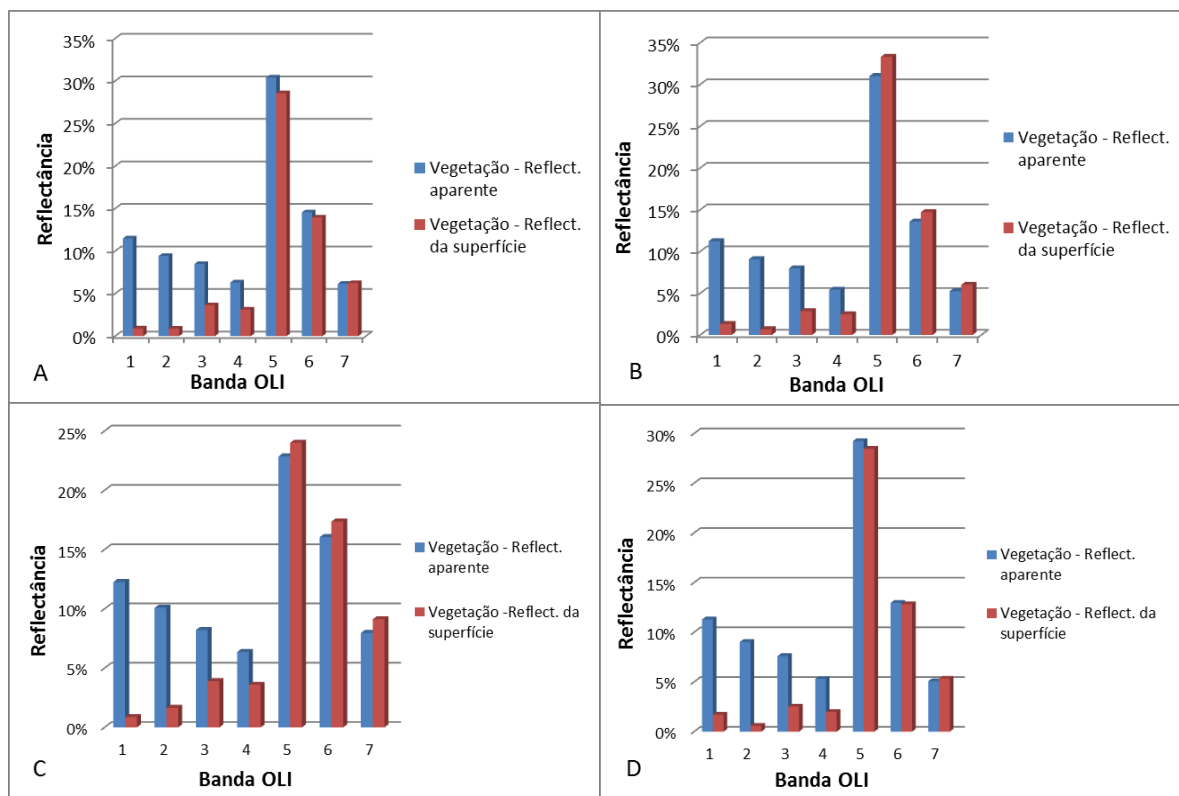


Figura 2. Reflectância aparente e a nível de superfície da vegetação por datas das imagens. A) Data de 10/02/2014; B) Data de 26/02/2014; C) Data de 11/10/2015; D) Data de 20/04/2016.

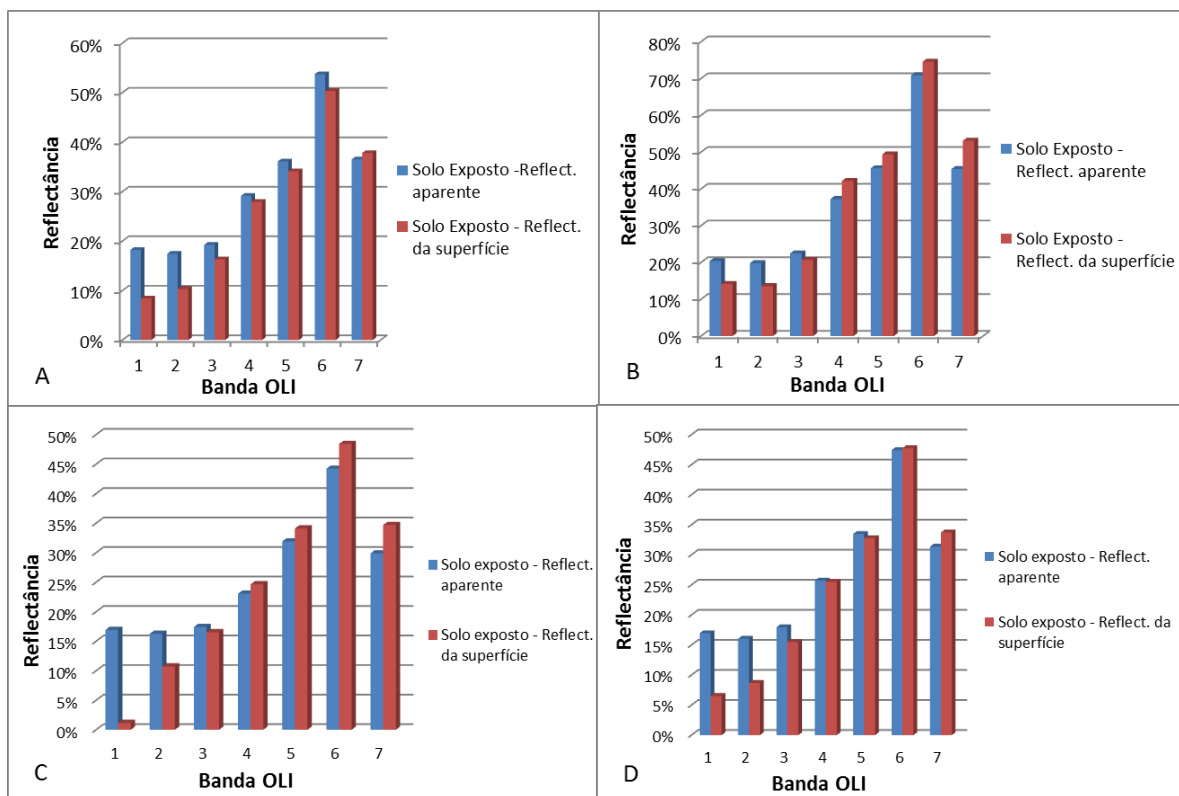


Figura 3. Reflectância aparente e a nível de superfície do solo exposto por datas das imagens. A) Data de 10/02/2014; B) Data de 26/02/2014; C) Data de 11/10/2015; D) Data de 20/04/2016.

### 3.2 Comparação entre as fontes de visibilidade

Para a comparação dos dados obtidos a campo e os dados obtidos através do banco de dados do aeroporto gerou-se gráficos (Figuras 4 e 5) para as datas 11/10/2015 e 20/04/2016, as quais obtiveram para campo valores 12km e 17km de visibilidade horizontal respectivamente. Para os dados extraídos do banco de dados METAR do aeroporto do Galeão foram utilizados valores de 10km de visibilidade horizontal.

Pode-se notar maiores variações na faixa do visível na comparação de reflectância a nível de superfície para a fonte de campo e a fonte do aeroporto.

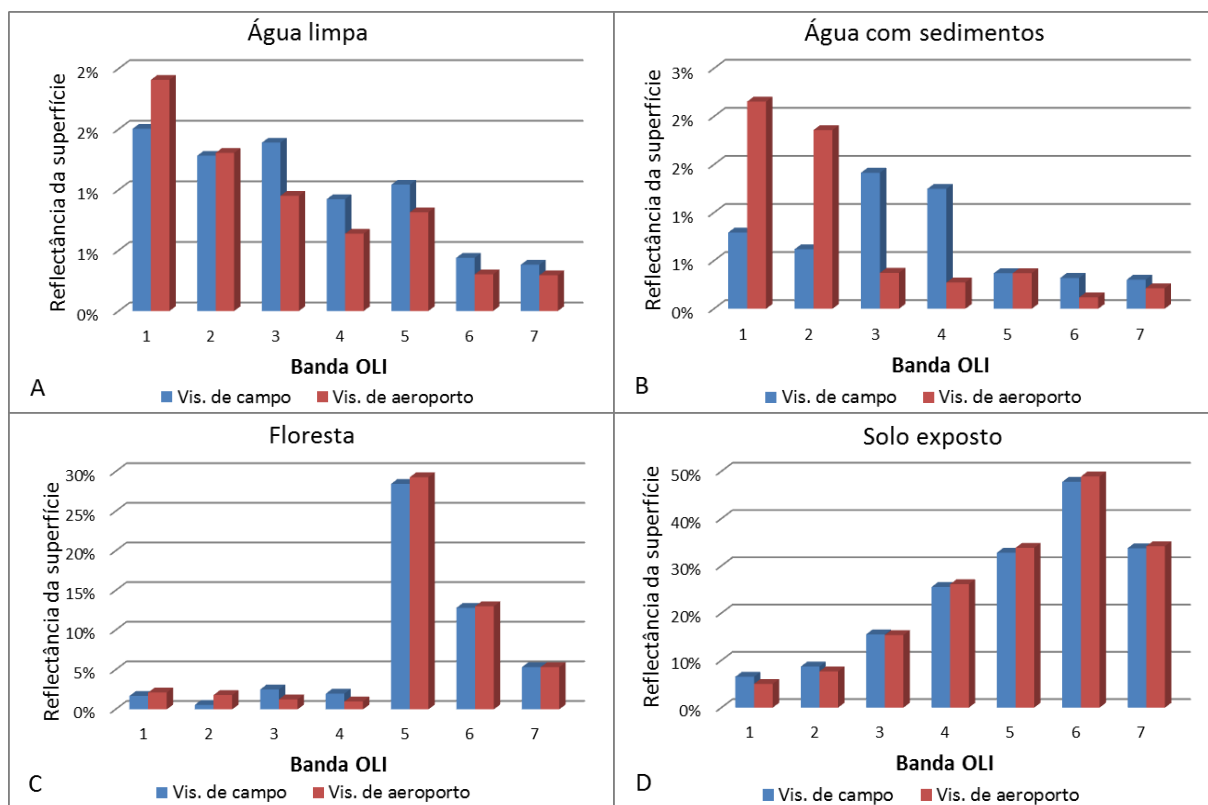


Figura 4. Reflectância a nível de superfície comparando a fonte de campo e do aeroporto para os alvos analisados no trabalho, para a data 11/10/2015. Visibilidade horizontal de 12km para observação a campo e de 10km para aeroporto.

Pode-se notar uma maior variabilidade entre a reflectância a nível de satélite e a reflectância a nível de superfície para os dados referentes a data 20/04/2016 devido a uma maior diferenciação dos valores de visibilidade horizontal referente aos dados de campo e aeroporto que são de 17km e 10km respectivamente. Para os dados referentes à data de 11/10/2015 não obteve uma grande diferença devido aos valores de visibilidade horizontal serem muito próximos. O valor de visibilidade para dados de campo foi de 12km e os valores pela fonte do aeroporto foram de 10km. Para água com sedimentos para a data 11/10/2015, aparentemente houve uma inversão dos resultados entre bandas 1 e 2 e as bandas 3 e 4, embora os valores numéricos sejam baixos.

Para comparar estatisticamente a acurácia do primeiro e segundo método realizou-se o teste-t pareado com os dados de reflectância na superfície, tendo como hipótese nula os valores de reflectância sendo iguais para ambos os métodos e como hipótese alternativa os valores sendo diferentes. Os resultados do teste são mostrados abaixo na Tabela 3.

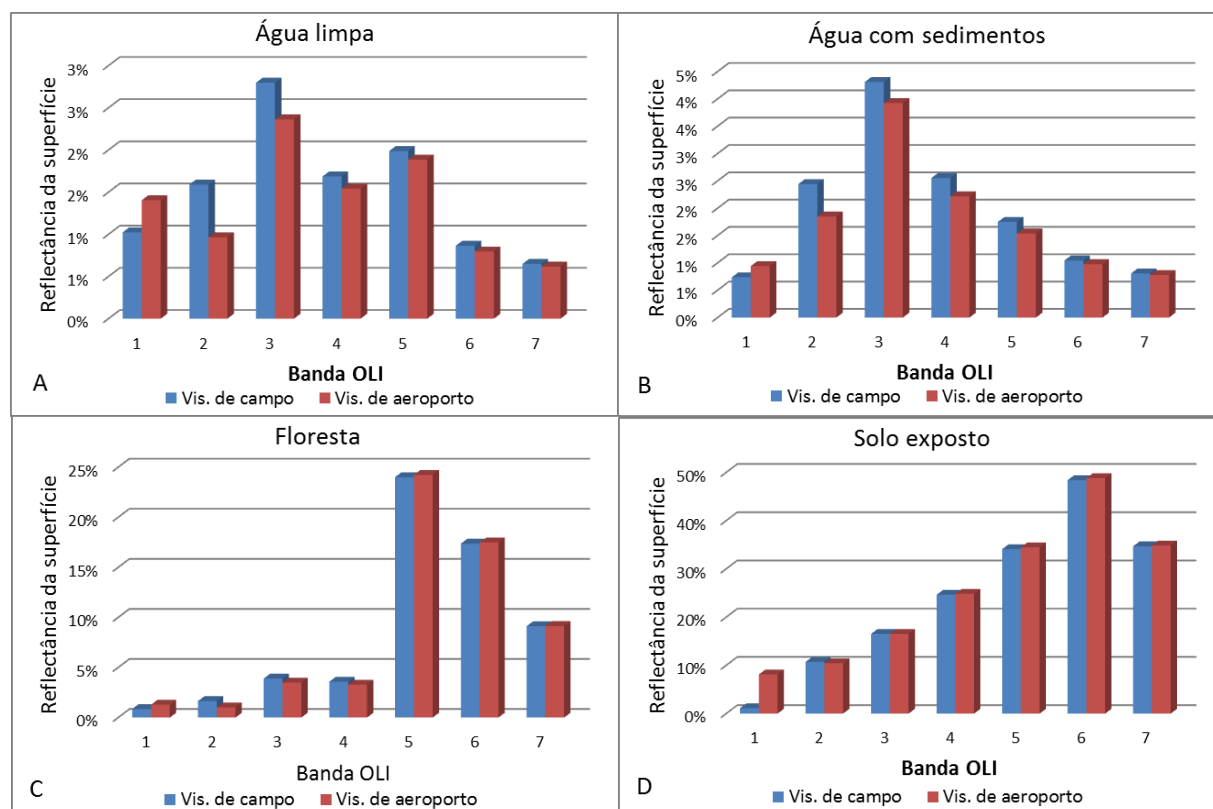


Figura 5. Reflectância a nível de superfície comparando a fonte de campo e do aeroporto para os alvos analisados no trabalho, para a data 20/04/2016. Visibilidade horizontal de 17km para observação a campo e de 10km para aeroporto.

Tabela 3. Resultados do teste-t em pares realizado para as variáveis dos dados de visibilidade horizontal obtidos a campo e do aeroporto.

Atributo	Campo ( $\mu_1$ )	Aeroporto ( $\mu_2$ )
Média	0,100597978	0,099573001
Variância	0,022064751	0,022008824
Observações	112	112
Stat t	0,561138764	
P(T<=t) bi-caudal	0,575834019	p-value para bicaudal
T crítico bi-caudal	1,981566757	

Pelo teste-t em pares os dois métodos deram resultados iguais a um nível de significância de 5%, enquanto que para o intervalo de confiança de 99% a diferença é significativa. No entanto, os gráficos mostram que para algumas bandas a diferença é visível, principalmente quando se tem uma diferença maior de visibilidade entre as duas fontes (Figura 5).

#### 4. Conclusões

Os resultados mostram que a correção atmosférica é necessária para a análise das imagens de sensoriamento remoto, uma vez que a reflectância de superfície foi bem diferente da reflectância aparente para os alvos estudados. A diferença não significativa dos valores de reflectância de superfície pelos dois métodos pode ser atribuída à pouca diferença de visibilidade horizontal observada a campo em relação à obtida do aeroporto, que se limitam a

10km. No entanto, a visibilidade obtida através de trabalhos de campo gera resultados mais próximos do esperado. O teste-t pareado mostrou que os resultados dos dados diferem quando se utiliza 99% de probabilidade. Embora estas diferenças não sejam elevadas, deve-se ter precaução ao utilizar dados de visibilidade horizontal de aeroportos para as correções atmosféricas de imagens de satélites quando a atmosfera estiver relativamente limpa de aerossóis (visibilidade muito acima de 10km). Pesquisas posteriores serão realizadas utilizando imagens de datas com visibilidades mais extremas e as análises estatísticas realizadas separadamente para cada alvo.

## 5. Referências Bibliográficas

- Antunes, M.A.H.; Debiassi, P. OLI image atmospheric correction sensitivity to altitude, visibility and acquisition geometry. In: **2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium-IGARSS 2015**, Milan, p. 2245-2248, 2015.
- Antunes, M.A.H.; Debiassi, P.; Costa, A.R.; & Gleriani, J.M. Correção atmosférica de imagens ALOS/AVNIR-2 utilizando o modelo 6S. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, p. 531-539, 2012.
- Câmara, G., Souza, R.C.M., Freitas, U.M., Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling, *Computers & Graphics*, vol. 20, pp. 395-403, 1996.
- Chavez, P.S. Na improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, p. 59-479, 1988.
- De Paula, S.C.; Vedovato, L.B.; Gomes, D.; Vicente, L.E. Avaliação de procedimento para correção de efeitos da atmosfera em ambiente tropical utilizando dados Landsat TM 5. **6º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC**, p. 10, 2012.
- Maia, L.H.; Coutinho, L.S.; Souza, G.M.; Antunes, M.A.H. Obtenção da reflectância da superfície para imagens OLI do Landsat 8 com um modelo de transferência radiativa. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, p. 2992-2996, 2015.
- 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**, Vol. 41:169-184, 1992.
- Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., C.E., Woodcock, Allen, R.G., Anderson, M.C., Helder, D., Irons, J.R., Johnson, D.M., Kennedy, R., Scambos, T.A., Schaaf, C.B., Schott, J.R., Sheng, Y., Vermote, E.F., Belward, A.S., Bindschadler, R., Cohen, W.B., Gao, F., Hipple, J.D., Hostert, P., Huntington, J., Justice, C.O., Kilic, A., Kovalskyy, V., Lee, Z.P., Lyburner, L., Masek, J.G., McCorkel, J., Shuai, Y., Trezza, R., Vogelmann, J., Wynne, R.H., Zhu, Z., Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research, **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 154-172, 2014.
- Vermote, E.T.; Tanré, D.; Deuze, J.L.; Morcette, J.J. Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, p. 675-686, 1997.
- Zullo, J.; Bezerra, P.C.; Guyot, G.; Gu, X. Importância prática da correção atmosférica. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, São José dos Campos, p. 977-978 Anais, INPE, 1996.