

## Análise da umidade do solo através do Albedo em Brasília-DF

Rafael Araújo da Silva <sup>1</sup>  
Heliofábio Barros Gomes <sup>2</sup>  
Ismael Guidson Farias de Freitas <sup>3</sup>  
Laurizio Emanuel Ribeiro Alves <sup>4</sup>  
Bruno Cesar Teixeira Cardoso <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP  
57072-900  
rafael\_araujo\_89@hotmail.com

<sup>2,3,4,5</sup> Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP  
57072-900  
{heliofab, ismael.guidson, laurizio.r, teixeiracardoso }@gmail.com

### **Abstract.**

Lately the use and occupation of soil has become an important point for the planning of cities by the government, and remote sensing, which can be defined as the interaction of electromagnetic radiation with the surface through sensors, it has become a very tool important for the interpretation and monitoring of these cities. The Present Work had the objective to analyze the moisture to soil through to albedo calculation, the ratio between the incident electromagnetic energy, the ratio of the electromagnetic energy incident on the target and the energy reflected by the same, in the city of Brasilia. In relation to the climate, the city has a dry tropical climate with two distinct seasons: dry (May to September) and rainy (October to April). It used a satellite image Landsat 5 - TM, with spatial resolution 30 m x 30 m with 7 spectral bands acquired from the United States Geological Survey website (USGS) and processed by the Quantum GIS software (QGIS) 2.14.3. This presenting your Julian Day = 266 -> 23/09/2010, the transition period between the dry and the winter and may have changes in the moisture content according to local rainfall index. The use of remote sensing for analysis of soil moisture in Brasilia was efficient with the use of albedo in the areas of exposed soil were detected higher albedo values, because they more reflect the energy incident on them, already saturated soils have lower albedo values , as a result the energy absorption, consequently reflecting less energy.

**Palavras-chave:** remote sensing, soil, albedo, sensoriamento remoto, solo, albedo.

## 1. Introdução

### 1.1. Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto pode ser definido como a interação entre o satélite e a superfície através da energia eletromagnética que incide e é refletida pelo alvo (NOVO, 2008). É uma ferramenta que vem sendo cada vez mais aprimorada e utilizada no desenvolvimento de diversas pesquisas. Segundo Bastiaansen (2000) albedo é a razão entre a quantidade de energia refletida pelo alvo e a energia incidente no mesmo.

### 1.2. Solo

A formação do solo tem origem dependente da rocha, e é associada ao clima local, processos climáticos e a ação dos intemperismos. O solo é composto basicamente por três materiais:

- Água
- Ar
- Sólido (Matérias orgânicas e minerais)

Marinho (2005) o tipo de mineral e a distribuição granulométrica é um fator fundamental na capacidade do solo de absorver água.

### 1.3. Umidade do Solo

A umidade do solo é definida como a massa de água contida em uma amostra de solo dividido pela massa de solo seco. O teor de umidade no solo é um dos fatores determinantes de alguns processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica, como por exemplo, na separação entre as parcelas da precipitação que infiltra e a que esco superficialmente (NASCIMENTO, 2002).

De acordo com a NORMA DNIT 164/2013-ME, a determinação do teor de umidade do solo realizada em laboratório é obtida através da estufa, o qual a amostra úmida é pesada, após isso vai para a secagem na estufa e é calculada pela razão entre a massa úmida (Ph) menos a massa seca (Ps) dividido pela massa seca (Equação 01).

$$h = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

h = teor de umidade em porcentagem(%)

Ph = massa da amostra úmida

Ps = massa da amostra seca em estufa na temperatura de 110°C ± 5°C

(01)

Na região da zona ativa, que é um perfil de solo que fica entre a superfície terrestre e a zona freática, ocorre à variação constante da umidade do solo. Estudos realizados em Brasília e Goiânia mostram que variações sazonais da umidade do solo mais expressivas foram observadas nos primeiros 3 metros de profundidade do perfil do solo (Almeida 2015 apud Mascarenhas, 2002 e Luz, 2012).

## 2. Metodologia de trabalho

### 2.1. Caracterização da área de estudo

Brasília é a capital da República Federativa do Brasil, localizada no território do Distrito Federal no centro-oeste do país apresentando coordenadas geográficas 15°47'38" S e 47°52'58" W (Figura 1).

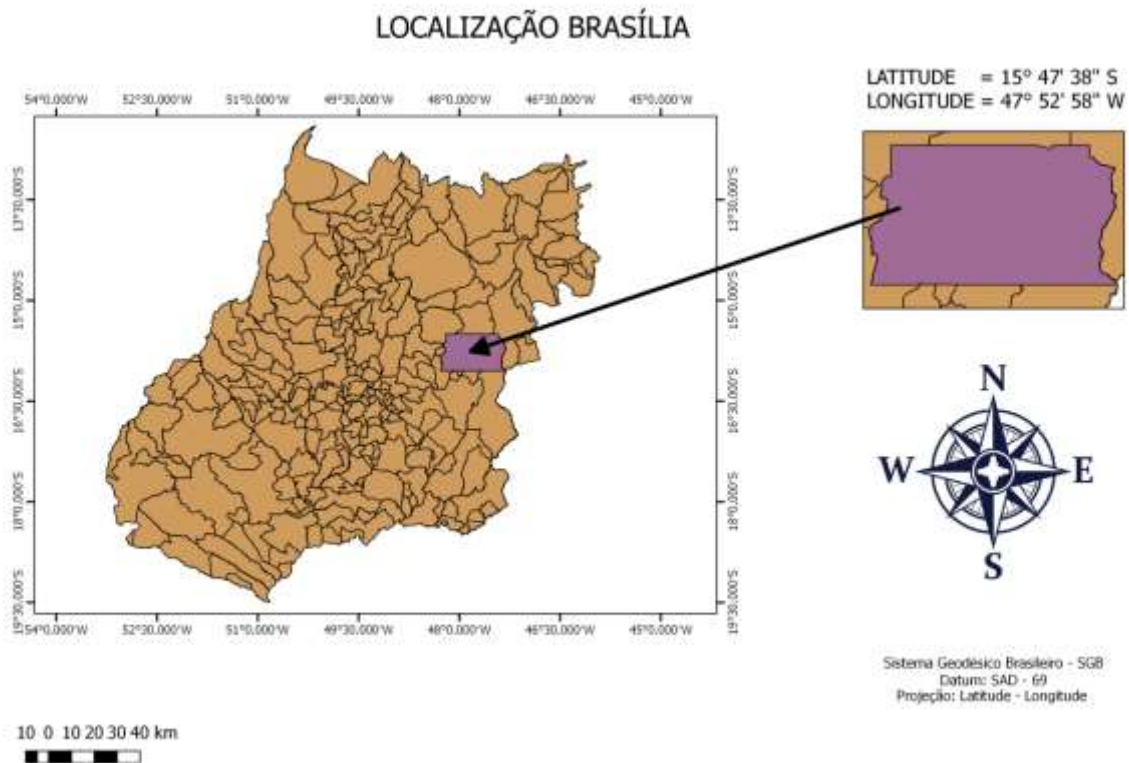


Figura 1. Localização de Brasília-DF.

Fonte: Autor.

Inaugurada no dia 21 de abril de 1960, a capital possui uma área de aproximadamente 5.780 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 2015 de 2.914.830 habitantes (IBGE, 2016).

Em relação ao clima, a cidade apresenta um clima tropical seco com duas estações bem definidas: seca, de maio a setembro, e chuvosa, de outubro a abril.

### 2.2. Processamento de dados

Neste artigo foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 5 – TM, com resolução espacial 30 m x 30 m com 7 bandas espectrais adquirida no site da *United States Geological Survey* (USGS) e processadas pelo *software Quantum Gis* (QGis) 2.14.. Esta que apresenta seu Dia Juliano = 266 - > 23/09/2010, e já veio ortorretificada na projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, Datum: WGS-84 geocêntrico, Fuso 23 Norte. No site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foram baixados os arquivos *shapefiles* do Distrito Federal e do Estado de Goiás para localização e recorte da área de análise.

Posteriormente a imagem e os *shapefiles* foram reprojatados para o Datum: *South American Datum 69* (SAD 69) referência topocêntrico na projeção Latitude/Longitude no *software Quantum Gis 2.14.3* (QGis). Após a reprojeção dos arquivos foram realizados recortes, calibrações e processamento das imagens e no QGis e gerados os mapas temáticos expostos no trabalho.

No site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no setor de Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) em Série Histórica – Dados Horários, para o dia 23/09/2010 na região centro-oeste, Distrito Federal foram baixados os dados da Temperatura do bulbo seco e úmido, umidade relativa e pressão atmosférica da estação Brasília – 83377. Esses dados foram inseridos em uma planilha e realizados alguns cálculos para calibração da imagem.

### 2.3. Calibração Radiométrica

Para a obtenção da radiância espectral das 7 bandas do satélite utilizado neste estudo, que se deu início com os Números Digitais (DN) de pixel pertencentes a imagem empilhadas (Figura 2) do Landsat 5 – TM, foi feita uma conversão dos valores de DN em radiância espectral monocromática que varia de 0 a 255.



Figura 2. Recorte do município de Brasília-DF, apresentado na composição RGB.  
 Fonte. Autor.

Foram empregadas na Equação 02, aplicando o processo de calibração com valores de radiância máxima ( $L_{max\lambda,b}$ ) e mínima ( $L_{min\lambda,b}$ ), onde  $\lambda,b$  corresponde a todos os pixels de cada banda de ambos os satélites, do qual os valores de calibração são válidos para as datas que foram geradas as imagens utilizadas, como proposto por Chander, Markham e Helder (2009) mostrado na Tabela 1.

$$L_{\lambda,b} = L_{min\lambda,b} + \frac{L_{min\lambda,b} + L_{max\lambda,b}}{255} * DN \quad (02)$$

Tabela 1 - Constantes de calibração radiométrica para o Landsat 5 – TM (CHANDER et al., 2009) adaptada.

<b>Calibração Radiométrica (Wm<sup>-2</sup> μm<sup>-1</sup>)</b>			
<b>Landsat 5- TM Após 02/04/2007</b>			
<b>Bandas e Comprimento de Onda (μm)</b>	<b>Lmin<sub>b</sub> (W/m<sup>2</sup> sr m)</b>	<b>Lmax<sub>b</sub> (W/m<sup>2</sup> sr m)</b>	<b>ESUN<sub>λ</sub> (W/m<sup>2</sup>m)</b>
<b>1 - (0,45 - 0,52)</b>	-1,52	193	1983
<b>2 - (0,52 - 0,60)</b>	-2,84	365	1796
<b>3 - (0,63 - 0,69)</b>	-1,17	264	1536
<b>4 - (0,76 - 0,90)</b>	-1,51	221	1031
<b>5 - (1,55 - 1,75)</b>	-0,37	30,2	220
<b>6 - (10,4 - 12,5)</b>	1,2378	15,303	-
<b>7 - (2,08 - 2,35)</b>	-0.15	16,5	83,44

#### 2.4. Cálculo da Reflectância Espectral (ρ<sub>λ</sub>)

Com os valores de Radiância Espectral calculados, o passo seguinte foi calcular a Reflectância Espectral (Equação 03), que segundo Allen et al. (2002a) é a razão entre a radiação refletida e a radiação incidente, assim os fluxos representam a reflectância no topo da atmosfera, calculada com informações de cada pixel da imagem.

$$\rho_{\lambda,b} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda,b}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta \cdot dr} \quad (03)$$

Onde L<sub>λ,b</sub> representa a radiância espectral para cada banda (1,2,3...7); ESUN<sub>λ</sub> é a irradiância espectral obtida na Tabela 1; Cosθ é o ângulo zenital, ângulo referente ao vetor terra-sol e a vertical local, o mesmo é obtido no cabeçalho de informações das imagens do Landsat 5 – TM ; dr corresponde ao inverso do quadrado da distância terra sol (Equação 04).

$$dr = 1 + 0,033 \cdot \cos \left( \frac{DJ \cdot 2\pi}{365} \right) \quad (04)$$

Em que DJ é o Dia Juliano do ano e o ângulo é calculado em radianos.

#### 2.5. Cálculo do Albedo Planetário (α<sub>toa</sub>)

Posteriormente calculamos o Albedo Planetário (Equação 05), que segundo Bastiaansenn (2000) é o albedo não ajustado à transmissividade atmosférica, esta que é obtida pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas.

$$\alpha_{toa} = 0,293p_1 + 0,274p_2 + 0,233p_3 + 0,157p_4 + 0,033p_5 + 0,011p_7 \quad (05)$$

## 2.6. Cálculo da Transmissividade Atmosférica ( $t_{sw}$ )

Seguimos com o cálculo da Transmissividade Atmosférica, que devemos utilizar valores de radiação solar incidente em dias claro. Que segundo Andrade 2015 apud Allen *et al.* (1998), para lugares onde não se tenham valores calibrados da  $t_{sw}$  ou coeficientes de *Angstrom*, pode-se utilizar a Equação 06.

$$t_{sw} = 0,75 + 2.10^{-5} Z \quad (06)$$

## 2.7. Cálculo do Albedo da Superfície ( $\alpha$ )

Com os valores da Transmissividade Atmosférica calculados, o passo seguinte foi calcular Albedo da Superfície ou Albedo corrigido para os efeitos atmosféricos (Equação 07), que é obtido através da razão entre o albedo planetário menos a radiação solar refletida pela atmosfera dividida pela transmissividade atmosférica (Bastiaansenn 2000).

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{t_{sw}^2} \quad (07)$$

## 3. Resultados e Discussões

A imagem analisada neste trabalho é na transição do período de seca para o chuvoso na cidade de Brasília, acarretando em um maior índice de precipitação e um aumento do teor de umidade na superfície. Que podem ter maior intensidade na região da zona ativa, a qual ocorre variação da umidade do solo nos primeiros 3 metros de profundidade do perfil do solo.

Por meio da interpretação e geração de modelos das imagens de satélites foi possível identificar e quantificar resultados para albedo dividido em cinco classes de acordo com a Tabela 2 e Figura 3.

Tabela 2 – Uso e Ocupação do solo

Uso e Ocupação do Solo		
Cor	Albedo	Tipo
Azul	0,000 - 0,090	Cursos d'água
Laranja	0,091 - 0,125	Vegetação
Bege	0,126 - 0,160	Solo exposto e ruas
Verde claro	0,161 - 0,195	Zona urbana – menor refletividade
Verde escuro	0,196 - 0,230	Zona urbana – maior refletividade

Os cursos d'água muitas vezes se aproximam de corpos negros, ou seja, aqueles que absorvem toda a energia que incide proveniente da radiação eletromagnética, por isso apresentou valores baixos de albedo. Na área coberta pela vegetação, quando comparamos a Figura 2 com a 3, percebemos que as áreas de vegetação mais escuras na 2, podem ser decorrentes de uma saturação do solo, que absorvem mais energia e tende a escurecer nas imagens. Este solo úmido, de baixo albedo, acaba se tornando mais propício e favorável para o desenvolvimento das plantas. Além disso, nas regiões com vegetação, as árvores/plantas absorvem a radiação ultravioleta (UV) na realização da sua fotossíntese, o que acaba diminuindo o índice de energia refletida e consequentemente o albedo.

Já nos solos expostos (mais claros) com um menor teor de umidade, muitas vezes por uma maior evapotranspiração ou até mesmo drenagem decorrente da mineralogia e granulometria do solo. O que possibilita que a água saia com maior rapidez desses solos e tendo como resultados maior albedo, porque estes tipos de materiais não conseguem absorver muita água e nem a radiação incidente no alvo, aumentando assim a quantidade de energia refletida que incide nele.

Na classe de albedo entre 0,126 – 0,160 também foi observado uma variação do albedo em relação às ruas e vias na cidade Brasília, está que decorrente do tipo de pavimento pode alterar a quantidade de energia absorvida e refletida tendo assim mudanças na quantidade de albedo como no caso de uma via asfaltada (maior absorção de energia), paralelepípedo (absorção abaixo do asfalto), ou em uma estrada vicinal de solo exposto (que vai refletir mais que os outros dois exemplos).

Nas classes de cor verde há uma característica de área antropizada, a qual o uso e ocupação do solo foram alterados pela atividade humana, que neste caso são atribuídas às zonas urbanas de Brasília. A diferença entre o verde claro, zona urbana de menor refletividade, e o verde escuro, zona urbana de maior refletividade, pode ser observada na Figura 2 onde as áreas mais esbranquiçadas apresentam um maior albedo que as outras áreas da imagem.

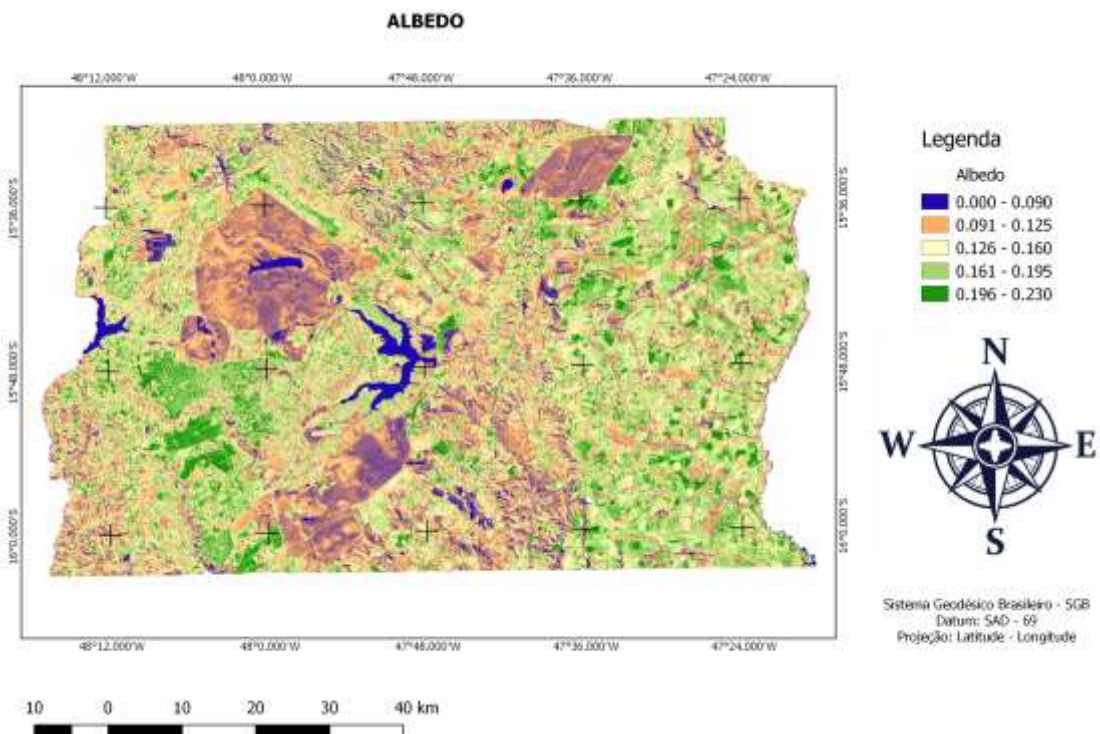


Figura 3. Mapa do Albedo da Superfície para o município de Brasília-DF  
 Fonte. Autor.

#### **4. Conclusão**

O uso do sensoriamento remoto para a análise da umidade do solo através de imagens do satélite Landsat 5 - TM em Brasília se mostrou eficiente com a utilização do albedo como parâmetro que definiu a quantidade de energia refletida em razão da energia incidente no solo ou alvos. Nas áreas de solo exposto (claros) foram detectados valores maiores de albedo, pois estes refletem mais a energia que incide neles, já os solos mais saturados (escuras) e com presenças de vegetação os valores de albedo foi menor, em decorrência da absorção de energia, conseqüentemente refletindo menos energia.

Porém Segundo Zuquette e Gandolfi (2010) a umidade natural dos materiais geológicos é variável de acordo com a resolução temporal, ou seja, a imagem analisada foi captada na transição do período de seca para o inverno na cidade Brasília, podendo ter alterações no teor de umidade de acordo com o índice de pluviometria local.

Além de alterações na umidade do solo nas regiões de zona ativa, podendo ocorrer variação da umidade do solo nos primeiros 3 metros de profundidade do perfil do solo, o que nos proporciona uma diminuição do albedo nessa região de zona ativa. O aumento da umidade do solo interfere em alguns parâmetros de resistência do solo, sendo as áreas saturadas mais propícias para processos de erosão nestas áreas.

Com isso o Sensoriamento Remoto para obtenção do albedo de pode ser utilizado como importante ferramenta de interpretação e monitoramento do solo em regiões tropicais, uma vez que este permite a análise da radiância e reflectância da energia solar pela superfície terrestre.



## Referências

ALLEN, R.; Tasumi, M.; TREZZA, R. SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land – **Advanced Training and User’s Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 2002a.

BASTIAANSEN, W. G. M. Sebal based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hidrology**, v.229, p.87-100, 2000.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote sensing of environment**, v. 113, n. 5, p. 893-903, 2009.

MARINHO, Fernando Antônio Medeiros. **Os solos não saturados: aspectos teóricos, experimentais e aplicados**. Concurso de Livre-Docência (Geomecânica). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 201p, 2005.

NOVO, Evlyn ML. de Moraes. **Sensoriamento remoto**, v. 2, 2008.

ZUQUETE, L. V. & GANDOLFI, N. 2011: **Cartografia geotécnica**. Oficina de Textos, São Paulo, 190 p.

MARINHO, Fernando Antônio Medeiros. **Os solos não saturados: aspectos teóricos, experimentais e aplicados**. Concurso de Livre-Docência (Geomecânica). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 201p, 2005.

DA MOTA, Iverson Lima ; LOBÃO, Jocimara Souza Britto;. Análise espacial do albedo de superfície na Estação Ecológica Raso da Catarina - BA. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de, INPE.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) -. Disponível em:  
< <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=530010>>. Acesso em: 01 de junho de 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <  
<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 07 de junho de 2016.

**United States Geological Survey- USGS**. Disponível em: < <http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 25 de maio de 2016.