



# SELPER 2016

*Geotecnologías, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible*



**Libro de Actas del  
XVII Simposio Internacional  
en Percepción Remota y  
Sistemas de Información  
Geográfica**

**Editores:**

Walter F. Sione

Francisco M. Viva Mayer

Miriam E. Antes

M. Cristina Serafini

**Libro de Actas del  
XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y  
Sistemas de Información Geográfica**

**Puerto Iguazú Misiones –Argentina 7 al 11 de noviembre de 2016**

**Instituciones Organizadoras**

Universidad Nacional de Luján (UNLu)

Facultad de Ciencia y Tecnología / Universidad Autónoma de Entre Ríos (FCyT/UADER)

Sociedad de Especialistas Latinoamericano en Percepción Remota y Sistemas de  
Información Espacial (SELPER) -Capítulo Argentino

**Apoyo Institucional**

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

### **Créditos**

© Editores: Walter F. Sione, Francisco M. Viva Mayer, Miriam E. Antes y M. Cristina Serafini

© De los textos y las imágenes, sus autores

© Universidad Nacional de Luján / Universidad Autónoma de Entre Ríos / SELPER Argentina

Los nombres de productos o corporaciones que aparecen en el texto pueden constituir marcas registradas y se emplean sin otro afán que el meramente identificativo.

#### **Primera Edición**

**Archivo Digital:** descarga y online

**ISBN:** 978-987-3941-14-6

SELPER 2016: Geotecnologías, Herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible: Libro de Actas de XVII Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica; editado por Walter F. Sione [et al.]. - 1a ed. - Luján: EdUnLu, 2017. Libro digital, PDF



## ESTIMATIVA DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE UTILIZANDO IMAGENS MODIS/AQUA E O ALGORITMO SEBAL NA BACIA DO RIO PARANAÍBA - BRASIL

Martins, A. P.<sup>1</sup> y Rosa, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos – Universidade Federal de Goiás/ Regional Jataí.  
Rua Riachuelo, 1530 – Setor Samuel Graham. Jataí, Goiás, Brasil.  
alecioperini@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia.  
Av. João Naves de Ávila, 2121 – Bairro Santa Mônica. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.  
rrosa.geo@gmail.com

### RESUMO

O albedo de superfície pode ser definido como a razão entre a radiação solar incidente e a radiação solar refletida, condicionando a intensidade dos fluxos de energia entre atmosfera e superfície. As mudanças no albedo da superfície podem interferir diretamente nos padrões de evapotranspiração e, conseqüentemente, atingir o ciclo hidrológico com aumentos ou reduções nos índices de precipitação local. Utilizando o algoritmo SEBA, é preciso seguir três etapas para obter os valores de albedo em superfície. Primeiramente, é preciso conhecer a radiância espectral para cada banda do sensor utilizado, considerando valores mínimo e máximo dos pixels. Esses valores são necessários na segunda etapa do processamento para calcular a reflectância de cada banda e, então, na terceira etapa calcula-se o albedo no topo da atmosfera e, posteriormente, o albedo de superfície. Para a aplicação do modelo, bem como o processamento das imagens e geração dos mapas temáticos, foi utilizado o software ArcGis 10.1® licenciado para o Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí. Foram utilizadas imagens dos dias 31 de julho de 2013 e 02 de agosto de 2013 para calibração do modelo (menor cobertura de nuvens). Entre os principais resultados, foram identificados valores mais altos de albedo para o mês de janeiro, ocasionado pela cor clara apresentada pela vegetação, especialmente áreas agrícolas, que aumenta os valores de albedo. Essa variável é importante para diferenciar tipos e estratos de vegetação, já que formações florestais e savânicas apresentam albedos inferiores a 0,13, enquanto que áreas agrícolas e plantios florestais apresentam albedo médio superior a 0,18. Os valores mínimos de albedo foram observados sobre os corpos d'água, que apresentam maior frequência próximo a valores de 0,005, enquanto os maiores valores foram identificados em áreas de solo descoberto, com frequência em torno de 0,23 até valores de 0,34. Com exceção das áreas de agricultura e silvicultura, que apresentaram respostas de albedo acima da faixa de 0,15, todos os demais usos apresentam variações entre 0,10 e 0,15.

**PALAVRAS-CHAVE:** SENSORIAMENTO REMOTO, ALBEDO DE SUPERFÍCIE, USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL, ALGORITMO SEBAL

## ABSTRACT

The surface albedo can be defined as the ratio of the solar radiation incident and the reflected solar radiation, affecting the intensity of the energy flows between atmosphere and surface. Changes in surface albedo can directly interfere in the evapotranspiration patterns and consequently achieve the hydrologic cycle with increases or reductions in local rainfall rates. Using SEBAL, you need to follow three steps to get the albedo values in surface. First, it is necessary to know the spectral radiance for each band of the sensor, considering minimum and maximum values of the pixels. These values are needed in the second processing step for calculating the reflectance of each band and then, in the third step, calculates the albedo at the top of the atmosphere, and subsequently the surface albedo. For the application of the model and the image, processing was used ArcGis 10.1® software, licensed for Geoinformation Laboratory of the Federal University of Goiás / Regional Jataí. Among the main results, higher values were identified albedo for the month of January, caused by light color presented by vegetation, especially agricultural areas, which increases the albedo values. This variable is important to differentiate types and vegetation strata, as forest and savanna formations have lower albedo 0.13, while agricultural areas and forest plantations have higher average albedo 0.18. The minimum albedo values were observed on the water, which have higher frequency close to values of 0.005, while the highest values were identified in bare soil areas, often around 0.23 to values of 0.34. With the exception of the areas of agriculture and forestry, which showed albedo of responses over the range of 0.15, all other uses have variations between 0.10 and 0.15.

**KEYWORDS:** REMOTE SENSING, SURFACE ALBEDO, LAND USE AND VEGETATION COVER, SEBAL

## INTRODUÇÃO

O monitoramento de diferentes elementos do clima tem se tornado indispensável para avaliar o comportamento destes na dinâmica climática, bem como subsidiar atividades de planejamento, avaliação e gestão dos recursos ambientais. A corrida espacial e a descoberta e aperfeiçoamento de novas tecnologias têm difundido a utilização do sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica (SIG's) que, por sua vez, provocam um ganho em rapidez e em disponibilização de informações.

Ehlers (2007, p.19) argumenta que, nos últimos anos, o número de sistemas de sensoriamento remoto, “que podem fornecer aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), famintos por dados, informações atuais e sinópticas, vem aumentando significativamente” e, que a integração em SIGs “permite o armazenamento e gerenciamento eficiente desses dados como parte do conjunto total das geoinformações disponíveis e registradas”.

Atualmente, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), assim como outros órgãos públicos, disponibiliza imagens de média e baixa resolução gratuitamente (Landsat, CBERS, ResourceSat, Terra e Aqua), o que tem permitido ganhos qualitativos e quantitativos em pesquisas e atividades de monitoramento e gestão instrumentados por Sensoriamento Remoto. No campo do Geoprocessamento, é cada vez mais comum o uso de Sistemas de Informação Geográfica gratuitos (softwares livres) que apresentam diversas ferramentas de classificação,



interpolação e espacialização, fundamentais ao tratamento e análise de informações climáticas de superfície.

Rees (2001) define o Sensoriamento Remoto, de forma genérica, como a coleção de informações sobre um objeto sem necessidade de contato físico com ele. Cada objeto presente na superfície terrestre que recebe a energia eletromagnética proveniente do sol, responde de uma forma a esse processo, absorvendo parte dessa energia e transformando em calor, e devolvendo parte dessa energia por reflexão. Dessa forma,

após a interação com os objetos e feições naturais da superfície do terreno, a energia refletida ou emitida por eles pode ser registrada por um sensor localizado remotamente. [...] Esta informação pode ser demonstrada por um gráfico, em forma de curva. Objetos específicos determinam curvas características denominadas padrão de resposta espectral ou assinatura espectral. Dependendo da época do ano e da forma de coleta dos dados, as curvas podem apresentar variações. Essas variações limitam-se a uma amplitude em que se percebe a manutenção do padrão da curva, os objetos definem um comportamento espectral próprio que depende da sua constituição. (LUCHIARI, KAWAKUBO e MORATO, 2005, p.36-37)

Além de sua importância para a compreensão de base da dinâmica climática terrestre, o conhecimento dos padrões de radiação e reflexão são importantes para a compreensão, tratamento e leitura de imagens de satélite. Assim, alguns objetos apresentam uma melhor resposta espectral em comprimentos de onda correspondente à faixa de cores visíveis, outros no infravermelho, o que faz com que o usuário de imagens de sensores remotos tenha que ter um certo cuidado ao escolher quais serão utilizados em mapeamentos específicos. Por exemplo, é possível identificar e mapear alguns tipos de solos por sensoriamento remoto, mas apenas com o uso de imagens infravermelhas. Já alguns parâmetros de qualidade de água em reservatórios, como transparência, clorofila e sedimentos, devem ser estudados a partir do uso de imagens obtidas na faixa espectral visível.

Considerando essas variações entre ondas curtas e longas incidentes e refletidas, é possível calcular o albedo da superfície, que pode ser definido como a razão entre a radiação solar refletida pela superfície e a radiação incidente, sendo a irradiância solar a principal fonte de energia nesse processo, condicionando a temperatura da superfície e a intensidade dos fluxos de energia entre atmosfera e superfície, além de processos como evapotranspiração e produtividade primária (OKE, 1987). Com a interceptação da irradiância solar pelos diferentes alvos na superfície, podem ocorrer fenômenos como reflexão, absorção, transmissão, espalhamento e emissão, que são utilizados para estimar o balanço de radiação que, por sua vez, determina o equilíbrio térmico de um ecossistema ou região.

O albedo varia conforme as características físico-químicas das superfícies e com o ângulo zenital. Um outro fator que pode promover variações do albedo são as atividades humanas, tais como desflorestamento, agricultura e urbanização. Em superfícies vegetadas, o albedo depende da textura do solo e das condições fisiológicas da copa da planta. Já em solo seco, o albedo é expressivamente maior que o observado em solo úmido, enquanto uma superfície lisa tem albedo maior que uma superfície rugosa (HARTMANN, 1994). Para Arya (2001), as variações inadvertidas ou intencionais do albedo local, regional ou global podem causar significativa variação no balanço de energia à superfície e, com isso, favorecem variações no micro ou macro-

clima. Note-se que essa variabilidade do albedo afeta diretamente a temperatura do solo (NICÁCIO, 2008, p. 26)

As mudanças no albedo da superfície podem interferir diretamente nos padrões de evapotranspiração e, conseqüentemente, atingir o ciclo hidrológico com aumentos ou reduções nos índices de precipitação local, conforme apontam alguns estudos como os de Nobre et al (1991), Souza Filho et al (2006), Andrade et al (2010), entre outros. Nesse sentido, a pesquisa apresentada teve como objetivo central o mapeamento do albedo de superfície na Bacia do Rio Paranaíba por meio de imagens do sensor MODIS/AQUA e a partir do modelo SEBAL (BASTIAANSEN, 1995; ALLEN ET AL 2002), indicando as relações entre os valores de albedo e as categorias de uso da terra e cobertura vegetal.

O albedo pode ser mensurado, em superfície, quando é possível realizar medições de radiação de ondas curtas incidente e refletida, o que limita muito a análise temporal e espacial desta variável em grandes superfícies. Nesse sentido, as imagens de sensoriamento remoto têm se mostrado úteis para estimativa do albedo, como as disponibilizadas pelos produtos MOD43 e MYD43 dos satélites Terra e Aqua (sensor MODIS) ou pelo processamento das bandas de reflectância dos produtos MOD09 e MYD09. Assim, gera-se um arquivo raster onde cada pixel traz informações diferentes sobre o albedo na área imageada, com variação ligada aos diferentes tipos de cobertura da superfície.

## MATERIAL E MÉTODOS

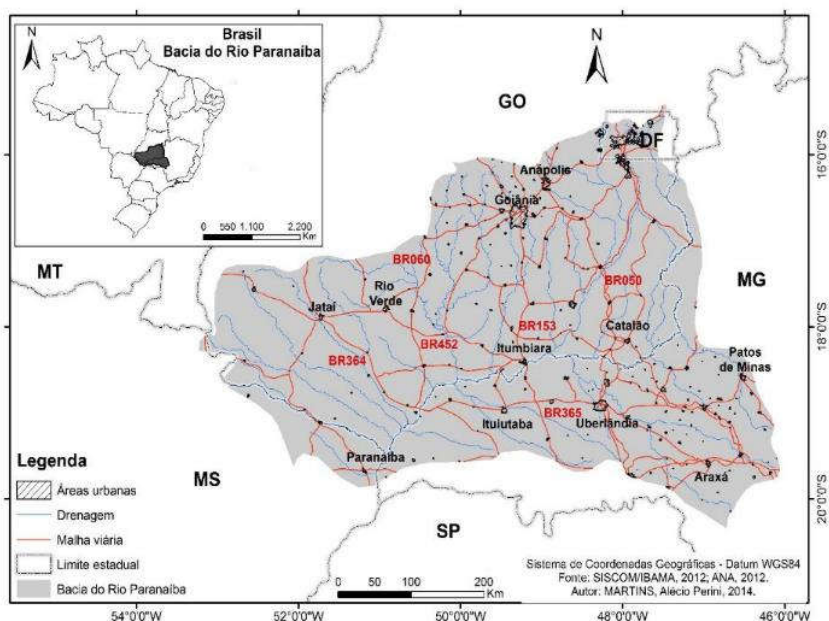
### ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para as experimentações da pesquisa é representada pela Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (Mapa 1), um dos principais afluentes da Bacia do Rio Paraná, com área aproximada de 230.000 km<sup>2</sup>.

**Mapa 1 -**  
Localização da área  
de estudo.

**Fonte:** Agência  
Nacional de Águas.  
2012.

**Autor:** MARTINS,  
Alécio Perini, 2015.



A Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba apresenta uma diversidade de ambientes extremamente interessantes para estudos ambientais, permitindo que a caracterização e análise da dinâmica destes ambientes possam ser realizadas com o uso de ferramentas de sensoriamento remoto e



geoprocessamento e, além disso, possibilitando a aplicação e experimentação de metodologias alternativas e pouco estudadas e/ ou difundidas até então. Como exemplo, destacam-se os diferentes usos da terra identificados, que apresentam comportamentos distintos em relação à variação sazonal dos índices de vegetação, temperatura de superfície, albedo, fluxo de calor no solo e evapotranspiração.

A bacia do rio Paranaíba é a segunda maior unidade da Região Hidrográfica do Paraná, ocupando 25,4% de sua área (...). Posicionada na região central do Brasil, ocupa cerca de 2,6% do território nacional e inclui os estados de Goiás (63,3%), Mato Grosso do Sul (3,4%) e Minas Gerais (31,7%), além do Distrito Federal (1,6%). A bacia possui 197 municípios, além do Distrito Federal. Destes, 28 sedes municipais se encontram fora dos limites da bacia (ANA, 2013)

### Procedimentos

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) opera em 36 canais espectrais, com resolução espacial variando de 250 metros a 1.000 metros e com imagens disponibilizadas gratuitamente, tanto pelo INPE quanto pela NASA, em formato “hdf”, facilmente convertido para “tif”, em 12 bits, com diferentes aplicações terrestres (bandas 3, 4, 5, 6 e 7, além das bandas 20, 21, 22 e 23 que permitem o mapeamento da temperatura de superfície). A partir destas bandas, foram gerados produtos denominados MODLAND que permitem estudos aprofundados dos ecossistemas terrestres em escala média/.

Em especial, os produtos MOD09 (plataforma TERRA) e o MYD09 (plataforma AQUA) podem ser utilizados como dado de entrada para a obtenção de diversas informações, como albedo, índice de vegetação, fluxo de calor no solo e evapotranspiração. O produto MOD09 do MODIS é uma estimativa da refletância de superfície, e é computado a partir do nível 1A nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 com os comprimentos de onda centrados em 0,648  $\mu\text{m}$ , 0,858  $\mu\text{m}$ , 0,470  $\mu\text{m}$ , 0,555  $\mu\text{m}$ , 1,240  $\mu\text{m}$ , 1,640  $\mu\text{m}$  e 2,130  $\mu\text{m}$ , respectivamente. (LATORRE, SHIMABUKURO E ANDERSON, 2007, p. 24-25)

O SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land), desenvolvido por Bastiaanssen (1995), é um dos mais completos modelos para estudos de fluxo de calor na superfície com o uso de imagens de satélite e algumas informações climatológicas, como temperatura do ar e velocidade dos ventos. Essencialmente matemático, o modelo evita o emprego de suposições, diminuindo a margem de erro em sua validação.

A grande vantagem do modelo SEBAL para estimativa de fluxos de calor na superfície é que os componentes do cálculo do saldo de radiação podem ser mensurados separadamente, permitindo uma estimativa mais precisa. Outra vantagem é que ele necessita de poucas informações coletadas em campo, podendo ser aplicado em grandes extensões de terra. A escala dos resultados vai estar relacionada ao tamanho do pixel da imagem utilizada, sendo que estudos em áreas com usos da terra e coberturas vegetais muito heterogêneas requerem imagens com resoluções espaciais maiores. Conforme afirma Moreira (2010),

os resultados dos estudos de validação são satisfatórios apesar de o algoritmo SEBAL ser fundamentado em formulações empíricas. BASTIAANSSEN (2000) comparou as estimativas do SEBAL com medições de campo e obteve um erro relativo na fração evaporativa de 20%, 10% e 1% nas escalas de 1 km, 5 km e 100 km,



respectivamente, concluindo que o SEBAL mostra melhores resultados em escala regional, como também em áreas com superfície heterogênea. (MOREIRA et. al., 2010, p. 1149)

Utilizando a modelagem do algoritmo SEBAL, é preciso seguir três etapas para obter os valores de albedo em superfície. Primeiramente, é preciso conhecer a radiância espectral para cada banda do sensor utilizado, considerando valores mínimo e máximo dos pixels. Esses valores são necessários na segunda etapa do processamento para calcular a refletividade de cada banda e, então, na terceira etapa calcula-se o albedo no topo da atmosfera a partir da refletividade de cada banda e um coeficiente obtido pelo somatório da média da irradiância na atmosfera. Nesse procedimento, utilizado predominantemente para produtos TM/Landsat, o albedo é obtido a partir de cálculo com o albedo do topo da atmosfera, dividido pela transmissividade atmosférica (Conforme descrito em Allen et al (2002)).

Como os produtos MODIS (TERRA ou AQUA) apresentam processamentos de correção atmosférica e informações de radiância e refletividade, utilizou-se de um procedimento descrito por Nicácio (2008) e Andrade et al (2010) para o produto MYD09GA (MODIS/AQUA), que traz uma estimativa da reflectância espectral em cada banda, excluindo os efeitos da absorção e do espalhamento atmosférico. Antes de executar a equação, é necessário multiplicar cada banda do MYD09GA por um fator de correção de 0,0001, necessário para adaptar a imagem que originalmente está em resolução de 12 bits para a metodologia proposta para imagens TM/Landsat, com resolução de 8 bits.

$$\alpha = 0,160\rho_1 + 0,291\rho_2 + 0,243\rho_3 + 0,116\rho_4 + 0,112\rho_5 + 0,081\rho_7 - 0,0015$$

Onde  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_7$  correspondem às bandas de reflectância do produto MYD09GA.

Para a aplicação do modelo, bem como o processamento das imagens e geração dos mapas temáticos, foi utilizado o software ArcGis 10.1® licenciado para o Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí, especificamente com as extensões 3D Analyst, Geoestatistical Analyst Tools e Spatial Analyst Tools.

Inicialmente, foram selecionadas imagens diárias com o mínimo de cobertura de nuvens possível para todos os meses de 2013 (pelo menos 1 imagem por mês), utilizando imagens dos dias 31 de julho (dia juliano 212) e 02 de agosto (dia juliano 214) para calibração do modelo (menor cobertura de nuvens), além de 1 imagem de cada mês do ano de 2013, com o menor percentual de cobertura de nuvens conforme o quadro 1. As imagens, previamente tratadas no MRT, foram adicionadas à tela de trabalho do ArcGis 10.1®, onde os valores dos pixels foram multiplicados por um fator de escala de 0,0001 (ajuste dos números digitais dos pixels). Após a conversão, foi calculado o albedo de superfície utilizando a ferramenta “Raster calculator”, onde criou-se uma equação com matemática de bandas. A mesma ferramenta foi utilizada para o cálculo do NDVI, SAVI e LAI, nesse caso, utilizando apenas as bandas 1 e 2 do MYD09GA.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi elaborado para a imagem de abril de 2013 (MYD09A1 em composição de 08 dias, sem cobertura de nuvens) a partir das bandas 1, 2 e 7 em composição 7R2G1B (os resultados também são satisfatórios com o uso da banda 5 no lugar da banda 7). As imagens, já georeferenciadas, foram convertidas em formato “.tif” e resolução de 8 bits e posteriormente classificada, inicialmente, de forma não-supervisionada pela ferramenta “multivariate-isocluster” do Spatial Analyst Tools (segmentação), com detalhamento de 5 níveis de cinza para áreas de 3 pixels, com 60 classes que posteriormente foram reclassificadas em 06:



## XVII Simposio Internacional SELPER 2016

Geotecnologias, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible

corpos d'água, pastagens, área urbana, agricultura/silvicultura, solo descoberto, cerrado e floresta (vegetação natural/área de preservação) em processo de reclassificação visual. Posteriormente, as áreas de agricultura e solo descoberto foram agrupadas, visto que ambas representam áreas destinadas às práticas agrícolas.

**Quadro1 - Imagens MODIS/AQUA selecionadas para aplicação do modelo SEBAL na bacia do Rio Paranaíba. Fonte: NASA, 2015; BDMEP/INMET, 2015.**

Dia juliano	Dia gregoriano	Tiles	Condições do tempo
018	18 de janeiro de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu nublado, registro de chuvas em algumas regiões; ventos fracos
045	26 de fevereiro de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu parcialmente nublado, registro de chuvas em algumas regiões; ventos fracos
073	12 de março de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu parcialmente nublado, registro de chuvas em algumas regiões; ventos moderados
107	17 de abril de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu parcialmente nublado, sem registro de chuvas; ventos moderados
123	03 de maio de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu parcialmente nublado, sem registro de chuvas; ventos moderados
164	13 de junho de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Poucas nuvens, sem registro de chuvas; ventos moderados
212	31 de julho de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	0% de cobertura de nuvens, período de estiagem superior a 30 dias na região; ventos moderados, com rajadas.
214	02 de agosto de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	0% de cobertura de nuvens, período de estiagem superior a 30 dias na região; ventos moderados, com rajadas.
269	26 de setembro de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Poucas nuvens, sem registro de chuvas; ventos moderados, com rajadas.
283	10 de outubro de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu parcialmente nublado, sem registro de chuvas; ventos moderados
331	27 de novembro de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu parcialmente nublado, registro de chuvas em algumas regiões; ventos fracos
338	04 de dezembro de 2013	H12V10, H13V10, H13V11	Céu nublado, registro de chuvas em algumas regiões; ventos fracos

Para a classificação, foi utilizado o método de máxima verossimilhança (ferramenta multivariate – maximum likelihood classification do Spatial Analyst Tools), atribuindo-se pesos iguais para as classes e com margem de acerto de 95%. Não foi possível, pela resolução espacial das imagens utilizadas, delimitar áreas de agricultura irrigada e silvicultura, sendo todas agrupadas

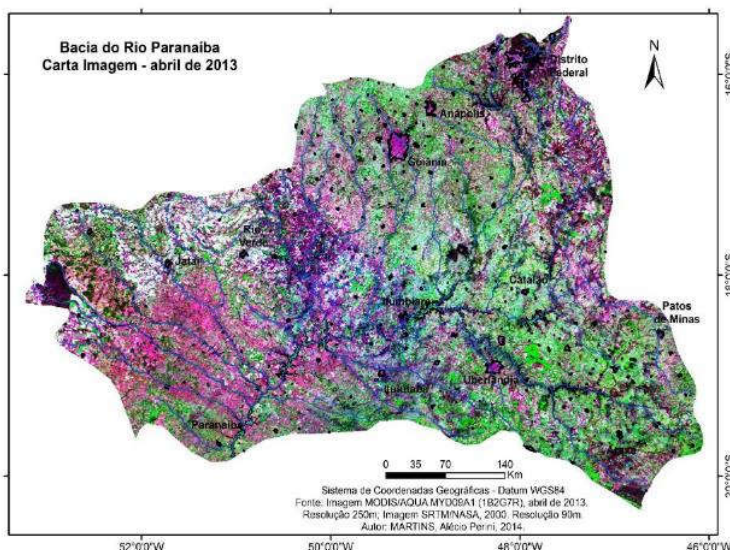
com as áreas de produção agrícola. Durante a calibração e teste do modelo, essas áreas foram visualizadas no Google Earth, auxiliando no processo de reclassificação e correção.

As imagens temáticas foram convertidas para polígonos, que foram agrupados e cruzados com outras informações por tabulação cruzada (Extensão Spatial Analyst Tools – Zonal – Tabulate areas), permitindo uma análise mais aprofundada do comportamento do albedo em relação aos tipos de uso da terra e cobertura vegetal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Uso Da Terra E Cobertura Vegetal

No mapa de uso da terra e cobertura vegetal elaborado para o mês de abril de 2013, é possível observar que as áreas representadas pela cor verde (Cerrados e Florestas) recobrem regiões que encontram-se associadas a parques, vegetação densa, vegetação gramíneo-lenhosa e algumas áreas savânicas, totalizando 27% da área total da bacia do Rio Paranaíba. Se considerarmos que existe um percentual de confusão entre áreas de cerrado e pastagens devido à baixa resolução espacial da imagem, estima-se que uma faixa entre 25 e 29% da área da bacia do Rio Paranaíba seja recoberta por área de vegetação natural (mapas 2 e 3).



**Mapa 2 - Carta-imagem da Bacia do Rio Paranaíba do mês de abril de 2013.**

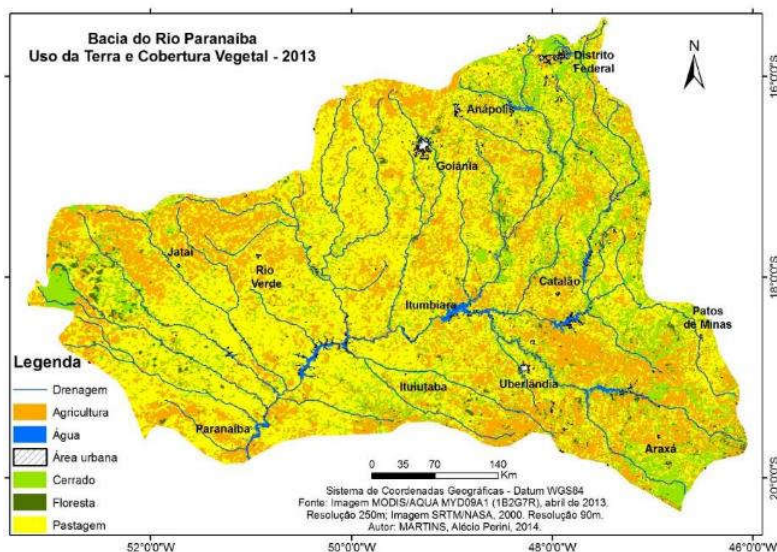
**Fonte:** Imagem MODIS/AQUA, produto MYD09GA, 2013  
**Autor:** MARTINS, Alécio Perini, 2015.

Além dos 27% identificados como áreas de vegetação natural e 1% de área recoberta por espelhos d'água, 72% da Bacia do Rio Paranaíba encontra-se antropizada, sendo 1,2% ocupado por aglomerações urbanas, 30,7% por áreas agrícolas e 40% por pastagens. Novamente, se considerarmos as dificuldades em mapear áreas de pastagens em imagens de baixa resolução, sugere-se que os 30,7% classificados como agricultura variem entre 28 e 32% e, as áreas de pastagem, podem chegar a cerca de 42%. Rosa e Sano (2014) produziram um mapa de uso da terra e cobertura vegetal com 81% de acerto de acordo com a estatística *Kappa* trabalhando com imagens de resolução de 30m, sendo a principal referência utilizada para comparação e validação dos resultados.

Cabe destacar que a ocupação humana, ao longo do processo de ocupação, se concentrou fortemente na parte leste da bacia, compreendida entre Brasília, Goiânia e

Uberlândia. Mais recentemente, a parte oeste da bacia vem apresentando um grande desenvolvimento do setor agropecuário e tem como polo a cidade de Rio Verde.

O mapeamento do atual uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba demonstra a predominância das atividades agropecuárias em cerca de 70% da área da bacia. A pecuária é predominante no setor oeste, enquanto a agricultura domina a porção centro-sudeste e diversas áreas de cabeceira de drenagem da bacia, inclusive com concentração de pivôs centrais de irrigação em alguns trechos, como nas bacias do alto rio São Marcos e do rio Araguari. Os recursos minerais concentram-se em algumas porções do território como em Acreúna, Anicuns e Catalão, em Goiás, e em Uberaba, Patrocínio e Araxá, na região do Triângulo Mineiro. (ANA, 2013, p.60)



**Mapa 3**  
**Uso da Terra e**  
**Cobertura Vegetal na**  
**Bacia do Rio**  
**Paranaíba – 2013.**

**Fonte:** Imagem  
MODIS/AQUA, produto  
MYD09GA, 2013

**Autor:** MARTINS,  
Alécio Perini, 2015

Rosa e Sano (2014), ao mapear as categorias de uso da terra e cobertura vegetal para a mesma área a partir de imagens TM/Landsat5, auxiliados por produtos de índice de vegetação do sensor MODIS/TERRA e, portanto, com maior detalhamento, identificaram uma área de 25,6% com diferentes práticas agrícolas para o ano de 2010. Se considerarmos a expansão na área plantada com cana-de-açúcar entre 2010 e 2013, bem como a probabilidade de erro na área mapeada como agricultura/silvicultura a partir da classificação do produto MYD09GA do MODIS/AQUA, verifica-se um crescimento nas áreas agrícolas da região. Segundo os autores, em 2010, a área apresentava cobertura vegetal natural de 29,4% e 41% de área destinada às pastagens. Considerando que a pastagem foi a atividade econômica que mais perdeu áreas para o cultivo de cana-de-açúcar, avalia-se que não existem grandes diferenças entre os mapeamentos apresentados pelos dois estudos comparados (Tabela 1).

As regiões que apresentam maiores percentuais de áreas de vegetação natural conservada são o Distrito Federal e as bacias dos Rios São Marcos e Corumbá, localizados na porção leste da bacia, em áreas de relevo mais dissecado, afloramentos de rochas e solos mais rasos e de baixa fertilidade. As áreas mais críticas correspondem justamente às regiões densamente ocupadas por agricultura e pecuária, com destaque para a bacia do Rio dos Bois, Meia Ponte, Claro e afluentes mineiros do alto e baixo Paranaíba.

**Tabela 01 - Porcentagem de área ocupada por cada categoria de uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Rio Paranaíba, comparando os estudos de Martins (2015) e Rosa e Sano (2014)**

Categoria de Uso da terra e cobertura vegetal	Martins (2014)*	PRH Paranaíba (sem data)**	Rosa e Sano (2010)***
Agricultura	30,7	35,0	25,6
Agricultura irrigada		1,0	1,0
Água	1,1	1,0	1,1
Área urbana	1,2	1,2	1,2
Pastagem	40,0	35,0	41,1
Silvicultura			0,6
Vegetação natural	27,0	26,8	29,4
Total	100	100,0	100,0

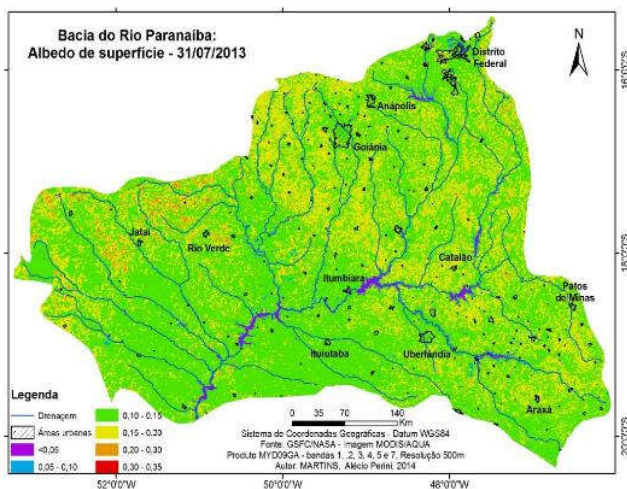
**Fonte:** \*Imagem MODIS/AQUA (7R2G1B) de abril de 2014; \*\*ANA, 2013 (o documento não informa a data das imagens utilizadas para classificação); \*\*\*Rosa e Sano, 2014 (imagens TM/Landsat, mosaico do ano de 2010).

### Albedo

Inicialmente, foram calculados os valores de albedo, que correspondem à reflexão da radiação por cada categoria de uso da terra identificada em superfície. No mapa 4, que corresponde à distribuição espacial dos valores de albedo para o dia 31 de julho de 2013, observa-se que os menores valores foram registrados sobre espelhos d’água e, os maiores, sobre áreas de solo descoberto, mais especificamente sobre solos compostos por grandes frações de areia.

A tabela 2 traz um demonstrativo da variação sazonal dos valores de albedo de superfície, que apresenta maiores médias para o mês de janeiro, em partes pela maior quantidade de nuvens mas, principalmente, ocasionado pela cor clara apresentada pela vegetação, especialmente áreas agrícolas, que aumentam os valores de albedo. Essa variável é importante para diferenciar tipos e estratos de vegetação, já que formações florestais e savânicas apresentam albedos inferiores a 0,12, enquanto que áreas agrícolas e plantios florestais apresentam albedo médio superior a 0,18.

Os valores mínimos de albedo foram observados sobre os corpos d’água, que apresentam maior frequência próximo a valores de 0,005, enquanto os maiores valores foram identificados em áreas de solo descoberto, com frequência em torno de 0,21 até valores de 0,34. Com exceção das áreas de agricultura e silvicultura, que apresentaram respostas de albedo acima da faixa de 0,15, todos os demais usos apresentam variações entre 0,10 e 0,15.



**Mapa 4 - Distribuição espacial dos valores instantâneos de albedo na bacia do Rio Paranaíba**

**Fonte:** Imagem MODIS/AQUA de 31 de julho de 2013.

**Autor:** MARTINS, Alécio Perini, 2015.



Como o pixel apresenta resolução espacial de 250 metros (bandas 1 e 2) e 500 metros (demais bandas), predominam os valores mais recorrentes dentro daquele pixel, o que explica em partes as áreas urbanas apresentarem albedo médio de 0,15, já que considera diferentes materiais de construção, arborização urbana, sombreamento, entre outros fatores que deixam esses ambientes extremamente heterogêneos e difíceis de serem mapeados com precisão em imagens de média/baixa resolução.

**Tabela 2 - Valores médios de albedo de superfície por categoria de uso da terra e cobertura vegetal obtidos por tabulação cruzada para a Bacia do Rio Paranaíba (2013)**

Uso	18/1	14/2	14/3	17/4	01/5	13/6	31/7	02/8	26/9	10/10	26/11	04/12	Méd
Agricultura	0,23	0,20	0,18	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,17	0,14	0,20	0,20	0,18
Agricultura Irrigada	0,25	0,21	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17	0,15	0,19	0,16	0,20	0,21	0,19
Água	0,03	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Área urbana	0,21	0,14	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13	0,16	0,16	0,15	0,15
Cerrado	0,16	0,12	0,13	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,11	0,12
Floresta	0,13	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,12	0,11	0,11	0,11
Pastagem	0,16	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,14
Silvicultura	0,24	0,22	0,21	0,19	0,19	0,19	0,15	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19
Solo descoberto	0,29	0,17	0,20	0,17	0,20	0,18	0,22	0,22	0,21	0,18	0,22	0,21	0,21

**Fonte: Imagem MYD09 – MODIS/AQUA, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, 2013.**

Mendonça et al (2010), ao calcular o albedo de superfície por diferentes metodologias utilizando o sensor MODIS, identificaram valores de 0,14 a 0,18 para áreas de cana-de-açúcar em diferentes períodos do ano, semelhantes aos encontrados neste estudo. Ming e Liu (2010) identificaram, para o estado de São Paulo e por meio do sensor AVHRR/NOAA, valores de 0,10 até 0,15 para áreas de vegetação intensa, semelhantes aos encontrados para estas áreas na bacia do Rio Paranaíba, conforme a tabela 4. Segundo os mesmos autores, áreas de vegetação rasteira, incluindo pastagens e áreas agrícolas, apresentam albedos entre 0,15 e 0,25, dependendo da época do ano. Vale salientar que, alterações na cobertura do solo, podem provocar um aumento nas taxas de albedo e, conseqüentemente, interferir negativamente nos valores de evapotranspiração.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Proposta com o intuito de realizar uma estimativa do albedo de superfície por meio de imagens de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento, considera-se que a pesquisa atingiu seus objetivos, tanto gerais quanto específicos, com êxito. Comprovou-se com a análise dos valores de albedo que alterações nas categorias de uso da terra e cobertura vegetal podem interferir diretamente nos padrões de evapotranspiração que, por sua vez, podem refletir na distribuição regional de chuvas e na alteração de temperaturas médias, máximas e mínimas.

Os procedimentos metodológicos adotados, que foram baseados no SEBAL, modelo desenvolvido por Bastiaanssen em 1995 e adaptado por vários outros autores, se mostraram eficientes para mapeamentos e análises em áreas com grande extensão territorial.

Entre as principais conclusões extraídas do processo de pesquisa e modelagem, destacam-se:

A. Os principais fatores de influência sobre os resultados das estimativas utilizando o SEBAL é o uso da terra e a ocorrência e distribuição espacial/sazonal de chuvas;

B. A resolução das imagens MODIS/AQUA não são adequadas para análises locais, em escala detalhada, mas apresentam bons resultados para áreas mais extensas, sendo mais indicadas para estudos regionais. Com essas imagens, os melhores resultados são obtidos a partir do trabalho com as bandas 1 e 2 que apresentam resolução espacial de 250m. Os demais produtos são gerados com resolução espacial de 500 metros.

C. Os valores de albedo de superfície obtidos com o modelo apresentaram índices dentro das faixas citadas na literatura, sendo os valores mínimos registrados sobre corpos d'água e áreas de mata e floresta, estando diretamente relacionados à quantidade de radiação refletida pelos corpos na superfície. Esses valores mostraram-se inversamente proporcionais aos dados estimados de evapotranspiração real: quanto menor o albedo, maiores as taxas de evapotranspiração. Isso leva à conclusão de que, alterações significativas nos padrões de albedo, provocadas por mudanças no uso da terra, podem alterar os padrões de evaporação e transpiração como, por exemplo, a substituição de vegetação arbórea por áreas agrícolas ou pastagens.

Frente aos resultados obtidos com a aplicação do modelo, recomenda-se que sejam utilizadas imagens de diferentes períodos do ano para estimativa e análise das variáveis, bem como o uso de imagens de sensores diferentes para comparação. Imagens Landsat apresentam maior confiabilidade de resultados por apresentarem resolução espacial de 30 metros, reduzindo a matriz de confusão ocasionada pela resolução espacial do sensor MODIS.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **SEBAL** (Surface Energy Balance Algorithms for Land) advanced training and users manual – Idaho implementation. Idaho: Idaho University, USA, 2002. 98p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. Brasília: ANA, 2013. 312 p.
- ANDRADE, R. G. et al. **Estimativa do albedo e do saldo de radiação à superfície utilizando imagem MODIS/AQUA na bacia do Rio Ji-Paraná/RO**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 24p.
- BASTIAANSEN, W. G. M., **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**, Tese (Ph.D.), Wageningen Agricultural University, Wageningen: Netherlands, 273f, 1995.
- EHLERS, M. Sensoriamento Remoto para usuários de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: entre as exigências do usuário e a realidade. In: BLASCHKE, T; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 19-38.
- LATORRE, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O. Produtos para ecossistemas terrestres – MODLAND. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.;



- CEBALLOS, J. C. (Org). **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP.: Ed. Parêntese, 2007. p.23-35.
- LUCHIARI, A; KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G. Aplicações do Sensoriamento Remoto na Geografia. In: VENTURI, L. A. B. (org) **Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p.33-54.
- MENDONÇA, J. C. et al. Análise do albedo à superfície a partir de produtos MODIS. In: CBMET, CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém/PA. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Belém, 2010. p.1-5.
- MING, T. C.; LIU, W. T. H. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: CBM, CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000. Rio de Janeiro/RJ. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro, 2000. p. 3843-3850.
- MODIS. **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**. Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov>> Acesso em 15 ago. 2014.
- MOREIRA, L. C. J. et. al. Variabilidade local e regional da evapotranspiração estimada pelo algoritmo SEBAL. In: **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.06, Nov/dez 2010. P.1148-1159.
- MRTWEB, MODIS Reprojection Tool Web Interface. **Enhanced MODIS data discovery and delivery services from the LP DAAC**. Disponível em: <<http://www.mrtweb.cr.usgs.gov>> Acesso em 15 ago. 2014.
- NICÁCIO, R. M. **Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia SEBAL na bacia do Rio São Francisco** (Rio de Janeiro). 2008. 337f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- NOBRE, C. et al, Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal climate**. Washington DC. v. 4. p.957-988. 1991.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Routledge, New York. 1987.
- REES, W. G. **Physical principles of Remote Sensing**. 2a ed. Edinburgh: Cambridge University Press, 2001. 343p.
- ROSA, R.; SANO, E. E. Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Paranaíba. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**, v.09, p.19, p.32-56. Outubro de 2014.
- SOARES, J.V.; BATISTA, G.T.; SHIMABUKURO, Y.E. Histórico e Descrição. In: RUDORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; CEBALLOS, J.C. (Org.). **O Sensor MODIS e suas aplicações no Brasil**. São José dos Campos, SP.: Ed. Parêntese, 2007. p.1-22.
- SOUZA FILHO, J. D. C. et al. Variação sazonal do balanço de radiação em uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 318-330. 2006.



**Actas XVII Simposio Internacional SELPER 2016**

Eds.: Sione, W. F.; Viva Mayer, F. M.; Antes, M. E. y Serafini, M.C.

---

---