

## Estimativa de albedo e índice de área foliar em região tropical úmida através do algoritmo SEBAL

Ailton Marcolino Liberato<sup>1</sup>  
Geissa Samira Lima Nascimento<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande – PB  
ailton@dca.ufcg.edu.br, geissa.samira@gmail.com

**Abstract:** The Leaf Area Index (LAI) is a vegetation biophysical variable used for various primary production models across scales and global models of climate, hydrology, biogeochemistry and ecology. Land use changes have been discussed in the global context of environmental impacts in the last decades, because they occur on the earth surface and it influences directly global climate. In the last decades Remote Sensing has been assuming great importance in the monitoring of earth natural resources. This study to estimate albedo data and LAI from the land surface sensor using the images of Thematic Mapper (TM) satélite Landsat 5 and to compare with values available in the scientific literature. The study area is located in the State of Rondônia. To carry out the study four orbital images were obtained from the satellite Landsat 5-TM in the path 231 and in the row 67, for the dates of 13/07/2005, 30/06 and 16/07 year of 2006, which correspond to the days 194, 181 and 197, respectively. The image processing was developed by using the software ERDAS 8.7. The geometric correction for images was performed and the letters of albedo and IAF were generated. The algorithm SEBAL estimated, satisfactorily, the values of albedo and IAF on the surface pasture and forest (different LAI), consistent with scientific literature.

**Palavras-chave:** remote sensing, vegetation, Amazon, sensoriamento remoto, vegetação, Amazônia

### 1. Introdução

Desde a década de 70, a Amazônia brasileira vem sendo intensamente modificada pela agricultura, pelos sistemas agro-florestais e principalmente pela agropecuária. A transformação de florestas tropicais primárias em pastagem, inicia-se com o corte da floresta, seguido da queima, introdução de culturas e degradação do solo. Essas mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal em áreas da região amazônica, objetivaram-se o surgimento de vários projetos científicos em escala micro e macro para entender a importância da floresta amazônica para o clima local e global, e os possíveis impactos causados pelo desmatamento e queimadas (Gash et al., 1996; Artaxo et al., 2006).

Os resultados do Projeto ABRACOS – Estudo Anglo-Brasileiro de Observações do Clima da Amazônia (Gash et al., 1996) e Projeto LBA – Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, mostraram que áreas de floresta absorvem mais radiação que áreas de pastagem e que essa diferença advém majoritariamente do fato que pastagens refletem uma maior proporção da radiação solar incidente quando comparadas a florestas. Estas aprisionam a radiação devido às múltiplas reflexões no profundo dossel. E em média a pastagem reflete 18% da radiação solar, enquanto a floresta reflete somente 13%. Como a floresta é bem ventilada devido aos movimentos turbulentos do ar próximo à superfície, ela é mais fria que a pastagem e, desse

modo, emite menos radiação termal. O resultado final é que há, na floresta, mais energia radiativa disponível para evaporar água e aquecer a atmosfera do que na pastagem.

Estudos observacionais realizados por Moura et al. (1999) e Zanchi et al. (2009) mostraram redução no albedo com o aumento do índice de área foliar em pastagem na Amazônia. Dentre os vários estudos empregando técnicas de sensoriamento remoto (Silva et al., 2005; Giongo et al., 2010) em diversas regiões, não foram encontrados estudos especificamente para Amazônia. O sensoriamento remoto permite a integração de informações e processos relativos às trocas, entre biosfera e atmosfera, de carbono, gases-traço, água e energia, através de uma ampla gama de escalas geográficas. O Surface Energy Balance Algoritmo for Land (SEBAL) desenvolvido por (Bastiaanssen, 1995), têm sido amplamente utilizado, e aceito na comunidade científica, devido à qualidade de suas estimativas comparadas com dados observados.

Durante os últimos anos, grandes avanços foram realizados em algoritmo de sensoriamento remoto; entretanto, um esforço considerável em desenvolvimento e testes ainda é necessário para a validação dos algoritmos nas condições específicas da Amazônia. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é estimar o albedo e o índice de área foliar em Rondônia através do algoritmo SEBAL.

## 2. Material e Métodos

A área de estudo do presente trabalho esta localizada no sudoeste da Amazônia Brasileira, especificamente na parte central do Estado de Rondônia (Figura 1). A cobertura vegetal da área de estudo é composta por vegetação nativa (floresta tropical primária), floresta secundária (capoeira), gramínea *Urochloa brizantha* e áreas agrícolas (café, mandioca, cacal etc.). Na área de floresta primária, o dossel apresenta uma altura média de 30 m e as árvores emergentes atinge até 45 metros, o solo é classificado como podzólico vermelho amarelo de textura média Andreae et al. (2002).

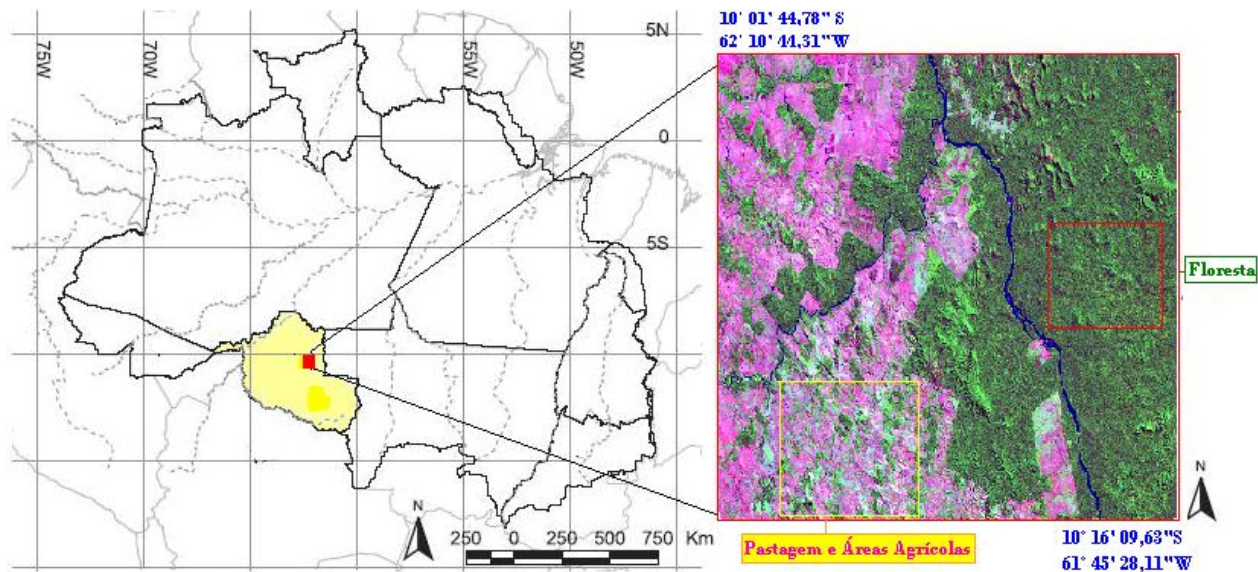
Obtiveram-se, para a realização do estudo, imagens em dias de céu claro, na órbita 231 e ponto 67, correspondente a três dias, que são: 13-07-2005, 30-06 e 16-07 do ano de 2006, os quais se referem ao dia Juliano (DJ) 194, 181 e 197, respectivamente. As imagens do Landsat 5 – TM foram adquiridas na Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), órgão ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

As imagens Landsat 5-TM são compostas de sete bandas espectrais cujas características encontram-se em Chander & Markham (2003) e Allen et al. (2007), na qual também estão incluídas a irradiância solar monocromática das bandas reflectivas (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7), incidente sobre uma superfície normal à direção dos raios solares no topo da atmosfera terrestre, e a distância de uma Unidade Astronômica do sol.

Em estudos de áreas de inclinação considerável, o ângulo de incidência da radiação solar depende da inclinação da superfície e do seu aspecto, isto é, do azimute normal da superfície; assim, para a área de estudo se obteve o modelo de elevação digital do terreno (DEM), gratuitamente, no site do SRTM (2010) referente ao mosaico x 24 e y 15, após se realizar o download do arquivo referente ao local de estudo; foram reamostrados, então, os pixels, para 30 x 30 m, visto que os dados do DEM são disponíveis aos pixels com uma resolução espacial de 90 x 90 m.

O sensor TM mede a radiância espectral dos alvos e os armazena na forma de níveis de cinza ou intensidade do pixel ou, ainda, número digital, cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), com uma resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e outra de 120 m, na banda 6; desta

forma, para a visualização e realização de operações matemáticas intra e interbandas, recortes, classificação e outras operações, utilizou-se o software ERDAS Imagine 8.7.



**Figura 1.** Localização da área de estudo no Estado de Rondônia.

Para o cômputo da radiância espectral e reflectância monocromática de cada banda foram utilizada a metodologia desenvolvida por Allen et al. (2002) e Iqbal (1983). Posteriormente determinou-se o albedo planetário e da superfície, utilizando Iqbal (1983), Bastiaanssen (2000) e Allen et al. (2002) conjuntamente. Finalizando, determinou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, Índice de Vegetação Ajustada aos Efeitos do Solo e Índice de Área Foliar (IAF) combinando a metodologia de Huete (1988), Allen et al. (2002), Tasumi (2003) e Allen et al. (2007).

### 3. Resultados e Discussão

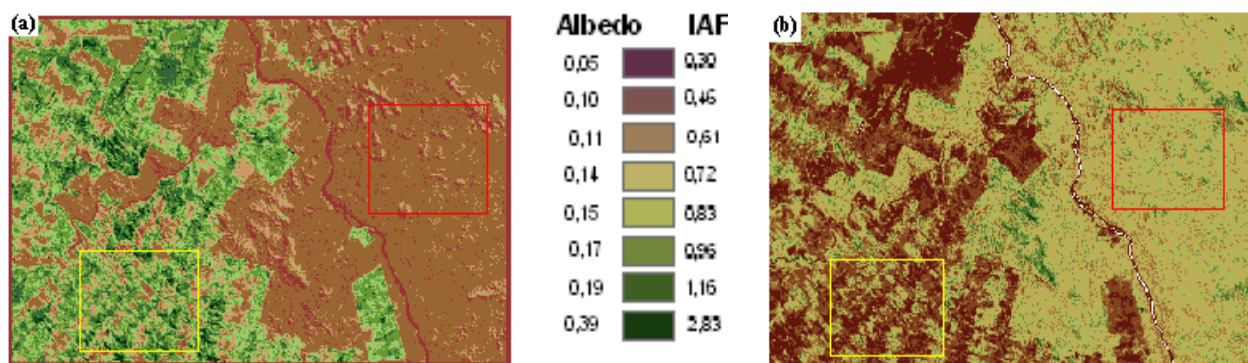
O Índice de Área Foliar (IAF) é uma medida de cobertura vegetal importante, por causa das trocas de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera, diretamente relacionada com a evapotranspiração e produtividade (Xavier & Vettorazzi, 2003), de importância para vários modelos de produção primária através de escalas e modelos globais de clima, hidrologia, biogeoquímica, e ecologia (Wang et al., 2005). Segundo Waterloo (1994) as variações naturais no IAF, altura e biomassa de algumas espécies, apresentam respostas às variações sazonais e interanual do clima e a umidade no solo, pois durante prolongados períodos de seca, as plantas podem responder ao estresse hídrico e limitações à transpiração através do fechamento dos estômatos, seguido de perdas das folhas e em casos extremos, mortes de partes das plantas.

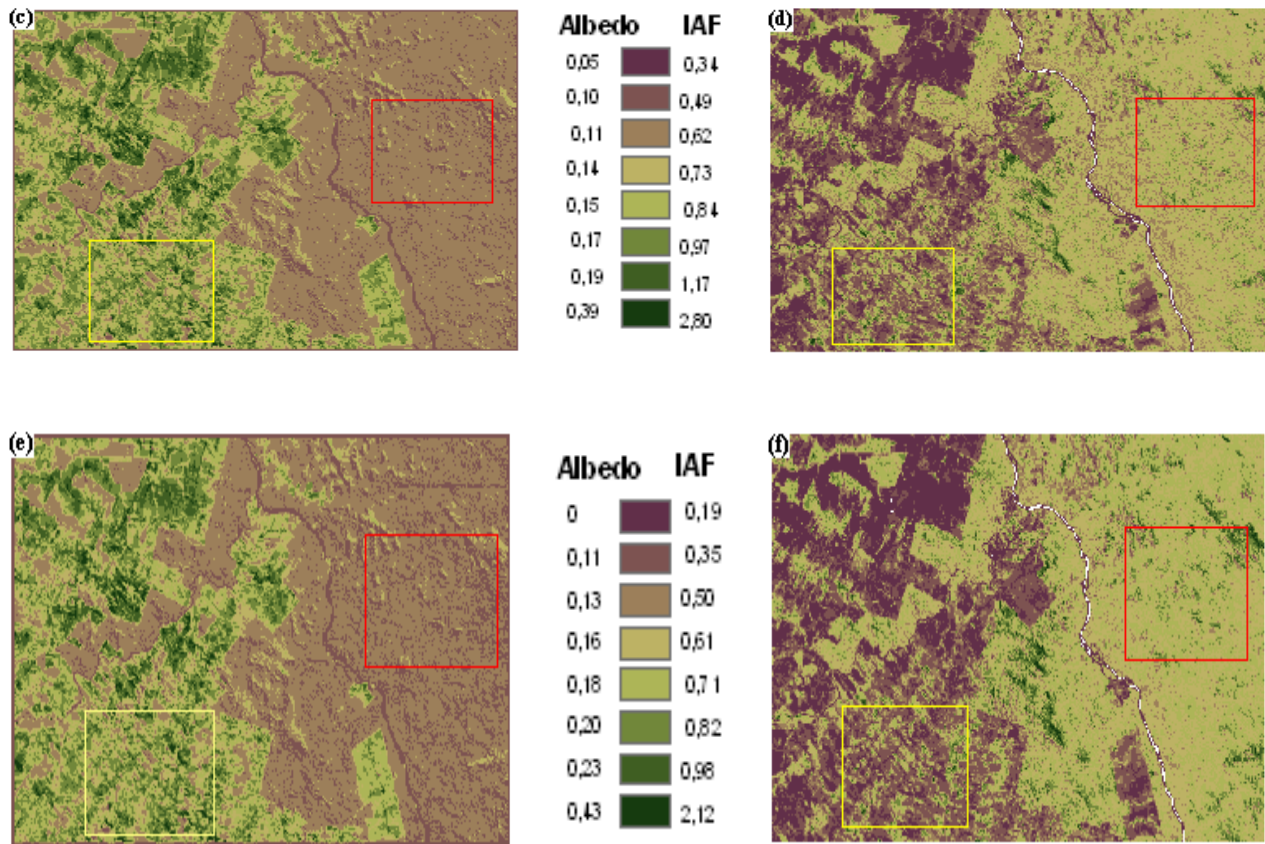
Estudos experimentais realizados por Roberts et al. (1996), Moura et al. (1999), Carruzo & Rocha (2001) e Zanchi et al. (2009) para determinar o IAF, mostram resultados em média de 2,4, 2,6, 1,5 e 2, respectivamente, para área de pastagem em Rondônia. No entanto, existe uma variação no IAF quando analisado período seco e chuvoso, Roberts et al. (1996) encontrou valores variando entre 1,55 e 1,66 para período seco e 2,55 a 3,90 para período chuvoso. Vale destacar que tais autores utilizaram métodos diferentes para realizar medidas de IAF. No presente

estudo utilizando técnica de sensoriamento remoto, encontrou valores máximos de IAF em áreas de pastagem e áreas agrícolas de 1,66 (Figura 2a), 1,97 (Figura 2c) e 1,56 (Figura 2e), consistentes com estudos observacionais para período seco. Dentre os vários estudos sobre albedo realizados em áreas de pastagens, destacam-se os trabalhos de Shuttleworth *et al.* (1988), Bastable *et al.* (1993), Fisch *et al.* (1994) e von Randow *et al.* (2004) com valores de 0,16, 0,19, 0,18 e 0,20, respectivamente. Os valores médios encontrado no presente trabalho foram 0,16 (Figura 2b), 0,15 (Figura 2d) e 0,17 (Figura 2f), consistentes com estudos observacionais.

Estudos realizados por Sanches *et al.* (2008) e Carreire (2009) encontraram valores de IAF de 3,5 a 4,8 e 2,35 a 2,55, respectivamente para área de floresta. No presente estudo foram encontrados valores máximos de 1,54 (Figura 2a), 1,57 (Figura 2c) e 1,45 (Figura 2e), na área de floresta. Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos autores citados, isso pode estar associado à técnica utilizada para estimar o IAF em área de floresta. O albedo médio encontrado foi de 0,11 (Figura 2b), 0,10 (Figura 2d) e 0,12 (Figura 2f), respectivamente para áreas de floresta. Estudos realizados por Shuttleworth *et al.* (1988), Bastable *et al.* (1993), Culf *et al.* (1995) e von Randow *et al.* (2004), encontraram valores de 0,13, 0,12, 0,13 e 0,13 respectivamente e Oguntoyimbo (1970) em área de floresta na Tailândia com valor 0,12. Querino *et al.* (2006) analisou o albedo diário com o ângulo zenital na região amazônica durante o período de 1991 a 1996, e observou redução no albedo com a diminuição do ângulo zenital e aumento no albedo com um maior ângulo zenital. Destacou que a mudança na coloração da vegetação, ângulo zenital e a geometria das copas das árvores influência a variação no albedo.

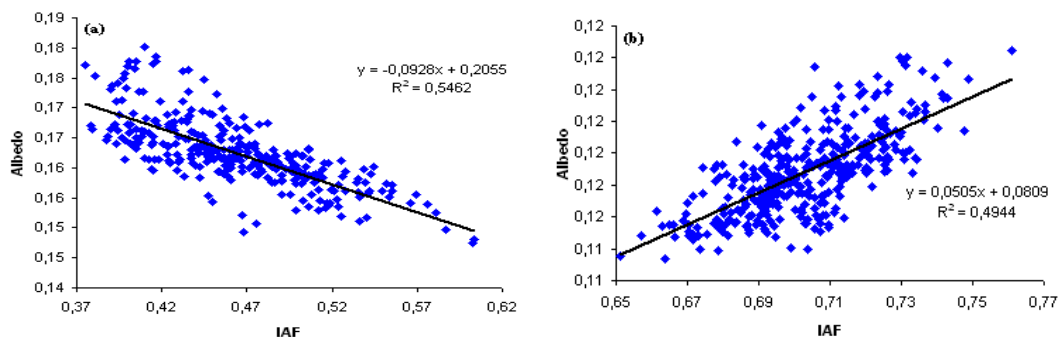
A substituição de florestas por pastagens ou áreas agrícolas e a constante mudança no uso do solo na Amazônia, altera a capacidade da superfície refletir radiação de onda curta, e afeta diretamente o albedo da superfície, ficando a pastagem responsável pelo maior albedo. Esse aumento no albedo da região indica, nesse caso, que superfície após a substituição de sua cobertura natural, retém menos energia. Com isso a uma menor quantidade de energia para os processos atmosféricos que inicia próximo da superfície, por exemplo, convecção. Podendo acarretar mudanças climáticas, e gerar modificações na vida das pessoas.

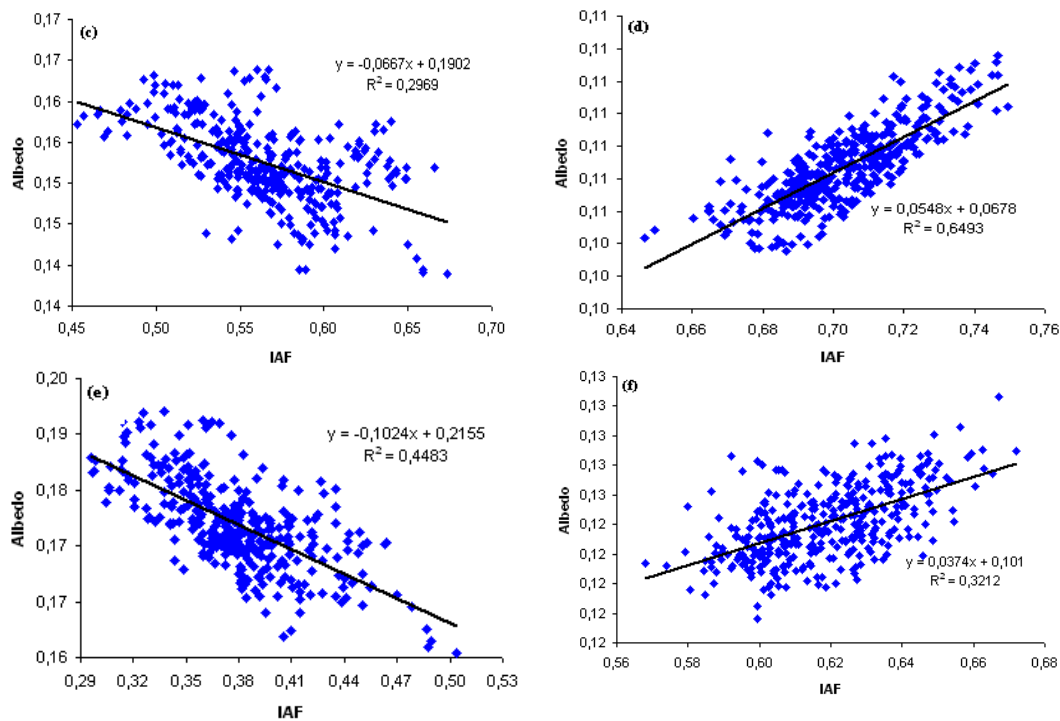




**Figura 2.** Distribuição espacial do albedo (a), (c) e (e) e índice de área foliar (b), (d) e (f) instantâneo para os dias 13-07-2005, 30-06-2006 e 16-07-2006, respectivamente. Os retângulos em amarelo são áreas de pastagens e agrícolas, e em vermelho são áreas de floresta nativa.

Existe uma relação clara entre o albedo e o IAF em áreas de pastagem em Rondônia, como observados nas Figuras 3a, 3c e 3e, ou seja, à medida que o IAF aumenta a uma redução no albedo. Resultados estes consistentes com estudos observacionais de Zanchi et al. (2009). Os resultados de IAF encontrados na área de floresta diferem de estudos realizados anteriormente na Amazônia, no presente trabalho observa-se que à medida que o IAF aumenta na floresta o albedo também aumenta, isso pode estar relacionado à geometria do dossel e idade das árvores da área de estudo (Figura 3b, 3d e 3f), e também reflectância na região do infravermelho próximo ser maior.





**Figura 3.** Correlação do IAF e Albedo médio instantâneo para áreas de pastagens e agrícolas, (a) 13-07-2005, (c) 30-06-2006 e (d) 16-07-2006, e floresta (b) 13-07-2005, (d) 30-06-2006 e (f) 16-07-2006.

#### 4. Conclusões

O algoritmo SEBAL estimou satisfatoriamente o albedo em áreas de floresta e pastagem, quando comparados com resultados de outras pesquisas com dados observados à superfície. As estimativas do IAF foram consistentes em áreas de pastagens, no entanto, para áreas de florestas os valores encontrados foram inferiores aos disponíveis na literatura científica.

#### Agradecimentos

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

#### Referências Bibliográficas

Andreae, M.O.; Artaxo, P.; Brandão, C.; Carswell, F.E.; Ciccioli, P.; Costa, A.L.; Culf, A.D.; Esteves, J.L.; Gash, J.H.C.; Grace, J.; Kabat, P.; Lelieveld, J.; Malhi, Y.; Manzi, A.O.; Meixner, F.X.; Nobre, A.D.; Nobre, C.; Ruivo, M.L.P.; Silva-Dias, M.A.; Stefani, P.; Valentini, R.; Jouanne, J.; Waterloo, M.J. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: the LBA-EUSTACH experiments. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, p. 33-1–33-25, 2002.

Allen, R.; Bastiaanssen, W.; Waters, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. **Surface energy balance algorithms for land (SEBAL)**, Idaho implementation – Advanced training and users manual, version 1.0, 2002. 97p.

Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R. Satellite-Based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.380-394, 2007.

Artaxo, P.; Oliveira, P.H.; Lara, L.L.; Pauliquevis, T.M.; Rizzo, L.V.; Junior, C.P.; Paixão, M.A.; Longo, K.M.; Freitas, S.; Correia, A.L. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.168-22, 2006.

Bastiaanssen, W.G.M. SEBAL – based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v.229, p.87-100, 2000.

Bastable, H.G.; Shuttleworth, W.J.; Dallarosa, R.L.G.; Fisch, G.; Nobre, C.A. Observations of climate albedo, and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **International Journal of Climatology**, v.13, n.7, p.783–796, 1993.

Bastiaanssen, W.G.M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. Netherlands: CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, 1995. 272p. PhD Tesis.

Carreire, M.B.F. **Estimativas de biomassa, do índice de área foliar e aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento no estudo da cobertura vegetal em áreas de florestas ombrofila aberta e densa na Amazônia.** Tese de Doutorado, INPA/UFAM, Manaus, AM. 2009.

Carruzo, A.; Rocha, H.R. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) em Regiões de Pastagem e Floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o Experimento AMC/LBA-1999. In: Congresso brasileiro de meteorologia, p. 2478-2485, 2001.

Chander, G.; Markham, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.41, n.11, p. 2674 – 2677, 2003.

Culf A. D.; Fisch G.; Hodnett, M.G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **Journal of Climate**, v.8, n.6, p. 1544-1554, 1995.

Fisch, G.; Wright, I.R.; Bastable, H.G. Albedo of tropical grass: A case study of pre- and post-burning. **International Journal of Climatology**, v.14, n.1, p.103–107, 1994.

Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Robert, J.M.; Victoria, R.L. **Amazonian deforestation and climate.** Wiley, Chichester, 1996. 595p.

Giongo, P.R.; Moura, G.B.A.; Silva, B.B.; Rocha, H.R.; Medeiros, S.R.R.; Nazareno, A.C. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.279–287, 2010.

Huete, A. R. A soil adjusted vegetation index SAVI. **Remote Sensing of Environment**, v.25, n.3, p.295-309, 1988. Iqbal, M. **An introduction to solar radiation.** New York: Academic Press. 1983. 212p.

Moura, M.A.L.; Lyra, R.F.F.; Benincasa, M.; Sousa, J.L.; Nascimento Filho, M.F. Variação do albedo em áreas de florestas e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.2, p.163-168, 1999.

Oguntoyinbo, J.S. Reflection coefficient of natural vegetation, crops, and urban surfaces in Nigeria. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.96, n.409, p.430-441, 1970.

Querino, C.A.S.; Moura, M.A.L.; Lyra, R.F.F.; Mariano, G.L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3a, p.42-49, 2006.

Roberts, J.M.; Cabral, O.M.R.; Da Costa, J.P.; McWilliam, A.L.C.; De Sá, T.D. Na Overview of the Leaf Area Index and Physiological Measurements during ABRACOS, In: J.H.C. Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and R.L. Victoria (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**, J. Wiley and Sons, New York p. 287-305, 1996.

Sanches, L.; Andrade, N.L.R.; Nogueira, J.S.; Biudes, M.S.; Vourlitis, G.L. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, v. 30, n.1, p. 57-69, 2008.

Shuttleworth, W. J., 1988: Evaporation from Amazonian rainforest. **Proceedings of the Royal Society of London**, série B 233, p.321-346, 1988.

Silva, B.B.; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.201-211. 2005.

SRTM. Disponível em:<<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>>. Acesso em: 25. mar. 2010.

Tasumi, M. Progress in operational estimation of regional evapotranspiration evapotranspiration using satellite imagery. Ph.D. dissertation, University of Idaho, Moscow, Id. 2003.

Von Randow, C.; Manzi, A.O.; Kruijt, B.; Oliveira, P.J.; Zanchi, F.B.; Silva, R.L.; Hodnett, M.G.; Gash, J.H.C.; Elbers, J.A.; Waterloo, M.J.; Cardoso, F.L.; Kabat, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon Exchange over Forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, p. 5-26, 2004.

Waterloo, M.J. Water and nutrient dynamics of Pinus caribaea plantation forests on former grassland soils in SW Viti Levu, Fiji., June, Ph.D. thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 1994. 478 p.

Wang, Q.; Adiku, S.; Tenhunen, J.; Granier, A. On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. **Remote Sensing of Environment**, v. 94, p.244-255, 2005.

Xavier, A. C.; Vettorazzi, C. A. Índice de Área Foliar de Coberturas em uma Microbacia Hidrográfica Subtropical. **Scientia Agrícola**, v. 60, n. 3, p. 425-431, 2003.

Zanchi, F.B.; Waterloo, M.J.; Aguiar, L.J.G.; Randow, C.V.; Kruijt, B.; Cardoso, F.L.; Manzi, A. O. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 39, n.2, p.335-348, 2009.