

Avaliação espaço-temporal do Índice de área foliar e impacto das atividades antrópicas na Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea, Recife – PE

Tiago Henrique de Oliveira ¹
Josemary Santos e Silva Oliveira ¹
Célia Cristina Clemente Machado ¹
Glaydson Thales de Albuquerque Rodrigues ¹
Josiclêda Domiciano Galvêncio ¹
Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel ²

¹ Dept. Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901 - Recife –
PE, Brasil

thdoliveira5@gmail.com, josy.santos04@gmail.com, cmachado@ci.uc.pt,
glaydson_albuquerque@hotmail.com, josicleda@hotmail.com

² Dept. de Biologia/Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos – 52171-900 – Recife – PE, Brasil
pimentel@db.ufrpe.br

Abstract. The Leaf Area Index (LAI) is a biophysical variable that express the growth rate of a certain plant community, showing close relationship with its actual productivity. Through RS it is possible to determine LAI's spatial and temporal variation, in large areas and in a systematic way, that manually would request destructive methods, like the removal of certain species' individuals, affecting the interaction between remaining species, as well being a slow process. This research aims to verify the spatial and temporal changes occurring in the internal area and surroundings of the Mata da Várzea wood through the application of the LAI using TM Landsat 5 satellite images. Images from orbit and points 214/65-66 with dates of passage on 9th May 1987, 28th September 1989, 14th June 1991, 26th August 2006, 28th July 2007 and 6th September 2010 were used. All the images were submitted to geometric correction, conversion of the digital numbers to spectral radiance and reflectivity and to the IVAS and LAI equations. Through the LAI, spatial and temporal changes occurring inside and in the surroundings of the Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea were perceptible. The portion of the forest fragment that presented larger proximity with Capibaribe's river showed a larger vegetation development and the highest LAI values (> 1,21), while the fragment's border, in direct contact with urban area, demonstrated lower values.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, índice de vegetação, modificações antrópicas, remote sensing, vegetation index, Anthropogenic changes.

1. Introdução

Tendo em vista que aproximadamente 70% da superfície terrestre é recoberta com vegetação, este alvo tem sido avaliado com as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) devido a uma maior facilidade de aquisição de dados e a grande quantidade de sensores que trabalham com as suas bandas espectrais. Os Índices de Vegetação (IV) foram concebidos para ressaltar o comportamento espectral da vegetação e estão baseados fundamentalmente nas diferenças quantitativas entre a radiação refletida e a transmitida por esses dois tipos de alvos (Jackson e Huete, 1991; Paiva et al, 2009).

O Índice de Área Foliar (IAF) apresenta-se como uma variável biofísica que expressa a taxa de crescimento de uma determinada comunidade vegetal, apresentando estreita relação com a produtividade em que esta se encontra (Lang e Mcmurtrie, 1992; Xavier et al, 2004; Paiva et al, 2009). Deste modo o IAF é considerado a mais importante variável biofísica diretamente relacionada com a evapotranspiração (Lang e Mcmurtrie, 1992; Sellers et al., 1997; Xavier e Vettorazzi, 2004) e com a capacidade de interceptação da chuva pelo dossel (Kergoat, 1998; Dijk e Bruijnzeel, 2001).

Alvim et al (2010) afirmam que a quantificação da área foliar permite deduzir o potencial fotossintético, e o seu valor irá depender do número, do tamanho das folhas e do estágio de desenvolvimento das plantas. Através de SR é possível determinar a variação espaço-temporal do IAF em grandes áreas de modo sistemático, o que, manualmente iria requerer métodos destrutivos, como a remoção de indivíduos de determinada espécie, afetando a interação das espécies remanescentes, além de ser um processo moroso. O objetivo desta pesquisa é verificar as mudanças espaço-temporais ocorridas na área interna e no entorno da Mata da Várzea através da aplicação do Índice de área foliar em imagens TM Landsat.

2. Material e método

2.1 Área de estudo

A área de estudo é a Mata da Várzea/Curado e entorno, Figura 1, situada no bairro da Várzea, no município do Recife, estado de Pernambuco. Segundo a Diretoria de Meio Ambiente da Cidade do Recife (DIRMAM), a Unidade de Conservação Mata da Várzea/Curado possui uma área total de 409,88 ha. Seu entorno é formado pelos bairros de Totó, Sancho, Jardim São Paulo, Cidade Universitária, Caxangá, Engenho do Meio, Torrões e San Martin. A Unidade de Conservação foi criada pela Lei 16.176/96.

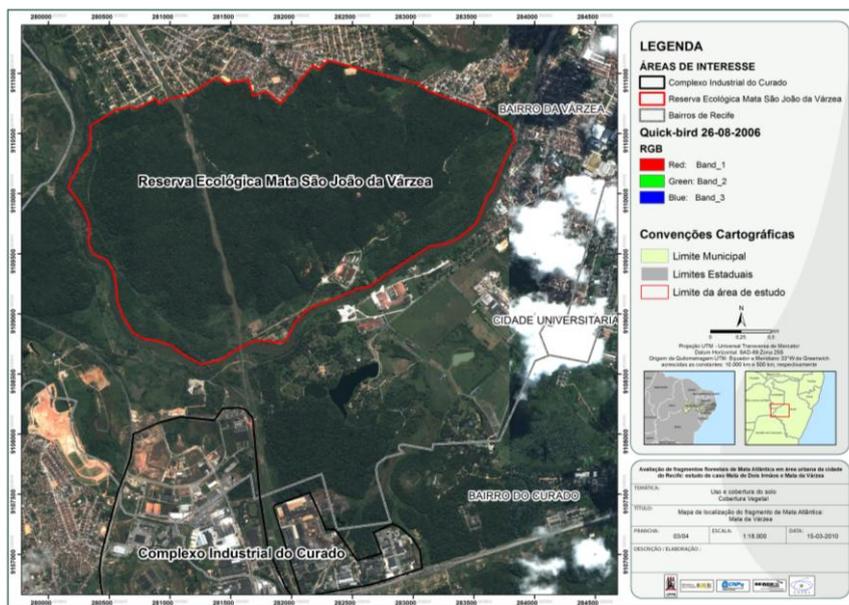


Figura 1. Localização da Unidade de Conservação Mata da Várzea/Curado em Recife-PE.

Segundo o DIRMAM, parte da Unidade de Conservação constitui-se em uma Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea e está definida pela Lei Estadual nº 9.989/87, ocupando uma área de 64,52 ha. Os critérios de preservação incluem o de refúgio da fauna e flora, proteção do sistema hidrográfico e amenizadora dos efeitos da poluição industrial. Existe também, nesta Unidade de Conservação, parte de outra Reserva Ecológica Estadual denominada Matas do Curado, com aproximadamente 40,13 ha. A área total da Reserva Ecológica Matas do Curado é de 102,96 ha.

2.2 Dados radiométricos

Foram utilizadas imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) de órbita e pontos 214/65-66, a bordo do satélite Landsat 5, obtidas junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As datas de passagem ocorreram em 9 de maio de 1987, 28 de setembro de 1989, 14 de junho de 1991, 26 de agosto de 2006, 28 de julho de 2007 e 6 de setembro de 2010.

Todas as cenas Landsat foram registradas e ortoretificadas, tomando por base a imagem disponibilizada pelo site landsat.org, onde posteriormente foi realizado o recorte da imagem para a área de estudo e seu entorno, visando uma melhor visualização da dinâmica espacial ocorrida no local, em virtude da acelerada urbanização.

2.3 Processamento das imagens

Para obtenção dos valores de reflectância e cômputo do IAF foi utilizada a metodologia proposta por Allen et al. (2002) e amplamente utilizada por diversos autores (Bastiaanssen et al., 1998 a,b; Silva et al., 2005a,b; Giongo, 2008; Oliveira et al., 2010) cuja etapas são mostradas no fluxograma abaixo, Figura 2.



Figura 2. Fluxograma de etapas da obtenção do Índice de área foliar.

2.3.1 Calibração radiométrica

A calibração radiométrica (Equação 1) consiste na conversão do nível de cinza de cada pixel e banda, em radiância monocromática, que representa a energia solar refletida, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Para a banda termal, essa radiância representa a radiação emitida por cada pixel, sendo empregada na obtenção da temperatura da superfície. A radiância de cada pixel e banda foi obtida pela equação proposta por Markham e Baker (1987):

$$L_{\lambda_i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$), ND é a intensidade do pixel (valor inteiro entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7) dos satélites Landsat 5 e 7. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003).

2.3.2 Reflectância

A reflectância (Equação 2) de cada banda (ρ_{λ_i}) é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, a qual é obtida através da equação (Allen et al., 2002):

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda_i}}{K_{\lambda_i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

onde L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, K_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

2.3.3 Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - IVAS

Foi utilizado o índice de vegetação ajustado por solo (Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI) introduzindo um fator no IVDN para incorporar o efeito da presença do solo, mantendo-se o valor do IVDN dentro de -1 a +1, seguindo a equação proposta por Heute (1988). Esse índice é calculado pela equação 3:

$$IVAS = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad (3)$$

onde ρ_{IV} e ρ_V correspondem, respectivamente, às bandas do infravermelho próximo e do vermelho e L é o fator de ajuste do solo, cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (Accioly et al., 2002; Boegh et al., 2002; Silva et al., 2005a).

2.3.4 Índice de Área Foliar - IAF

O índice de área foliar (Equação 4) é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. Este índice é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem sendo calculada por equação empírica proposta por Allen *et al.* (2002):

$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - IVAS}{0,59}\right)}{0,91} \quad (4)$$

2.4 Fotografias aéreas e verificação de campo

Visando uma melhor visualização da área de pesquisa foram obtidas junto a CONDEPE-FIDEM, fotografias aéreas P&B do ano de 1981 onde as mesmas foram georreferenciadas e registradas tomando por base imagem QuickBird da Cidade do Recife. Para a visualização do uso do solo mais atual foi utilizada imagem do satélite QuickBird de 26 de agosto de 2006 cedida pelo Ministério das Cidades. No dia 15 de novembro de 2010 foi realizada atividade de campo com objetivo de coleta de pontos com a utilização do GPS Garmim HCx, e retirada de fotografias da área mais antropizada em contato com a mata da Várzea.

3. Resultados e Discussão

Mudanças espaço-temporais ocorrida no IAF no entorno da mata da Várzea, referente à dinâmica do uso e cobertura do solo em áreas urbanas, podem ser visualizadas através da Figura 3. Nota-se, tomando por base as imagens utilizadas, que a parte do fragmento florestal mais próxima do rio Capibaribe apresentou um maior desenvolvimento da vegetação com valores de IAF mais elevados ($> 1,21$), enquanto a borda do fragmento, a qual está em contato direto com uma área urbana, apresentou valores mais baixos.

Nota-se, através dos anos, que os valores de IAF foram se tornando mais elevados e com certa homogeneidade no interior do fragmento da mata da Várzea. Algumas áreas que apresentavam valores de IAF $< 0,60$ no interior do fragmento, entre as imagens de 09 de maio de 1987 e 14 de junho de 1991, foram diminuindo espacialmente, o que pode ser explicado através de duas hipóteses: a primeira é que novos indivíduos vegetais surgiram e tiveram oportunidade de crescer em consequência de uma menor interferência da população local ao deixar de usar caminhos aberto no interior da mata; a segunda hipótese é que os indivíduos vegetais ali estabelecidos desenvolveram uma maior biomassa foliar como consequência de condições ambientais favoráveis à produção de maior massa foliar.

Foi observado que, enquanto os maiores fragmentos florestais se desenvolveram, a área urbana apresentou valores de IAF $< 0,20$. Estes valores mais baixos correspondem a alvos urbanos como área construída, e/ou solo exposto. Corpos hídricos, como o rio Capibaribe, apresentam valores próximos a 0. No entanto, locais com algum tipo de vegetação no interior da área urbana apresentaram valores de IAF variando entre 0,20 e 0,80.

Nota-se intensificação do processo de urbanização no bairro da Várzea, o que se reflete através de uma acentuada diminuição no IAF na parte mais ao norte e leste da mata da Várzea. Neste local algumas áreas vegetadas, as quais, em 9 de maio de 1987, apresentavam valores de IAF variando entre 0,40 e 1,00 passaram a apresentar valores $< 0,60$ nas imagens posteriores.

Novas (2008), em estudo realizado na cidade de Maceió com imagens TM do satélite Landsat, verificou que os menores valores de IAF estavam associados às áreas urbanas e a corpos hídricos e a medida que ocorreu a intensificação da urbanização os valores de IAF foram diminuindo, enquanto que as áreas de vegetação nativa apresentaram os valores mais elevados o que vem a corroborar com resultados encontrados nesta pesquisa.

Braga et al (2009) em estudo realizado nas proximidades da região de Quixeré – CE, encontrou valores de IAF elevados (com variação entre 1,2 à 2,4) em áreas com maior desenvolvimento da vegetação nativa e de agricultura irrigada.

Souza et al. (2006), afirmam “que a arborização urbana traz muitos benefícios para a cidade, e tais benefícios devem ser preservados para minimizar os transtornos por falta de arborização. Então não há dúvidas de que a arborização urbana é um instrumento eficaz para minimizar os impactos negativos nos centros urbanos”. Camargo et al. (2007) afirmam que, nas áreas com vegetação, a absorção da radiação solar pela cobertura vegetal e por áreas de corpos hídricos provoca uma redução do calor sensível e das temperaturas.

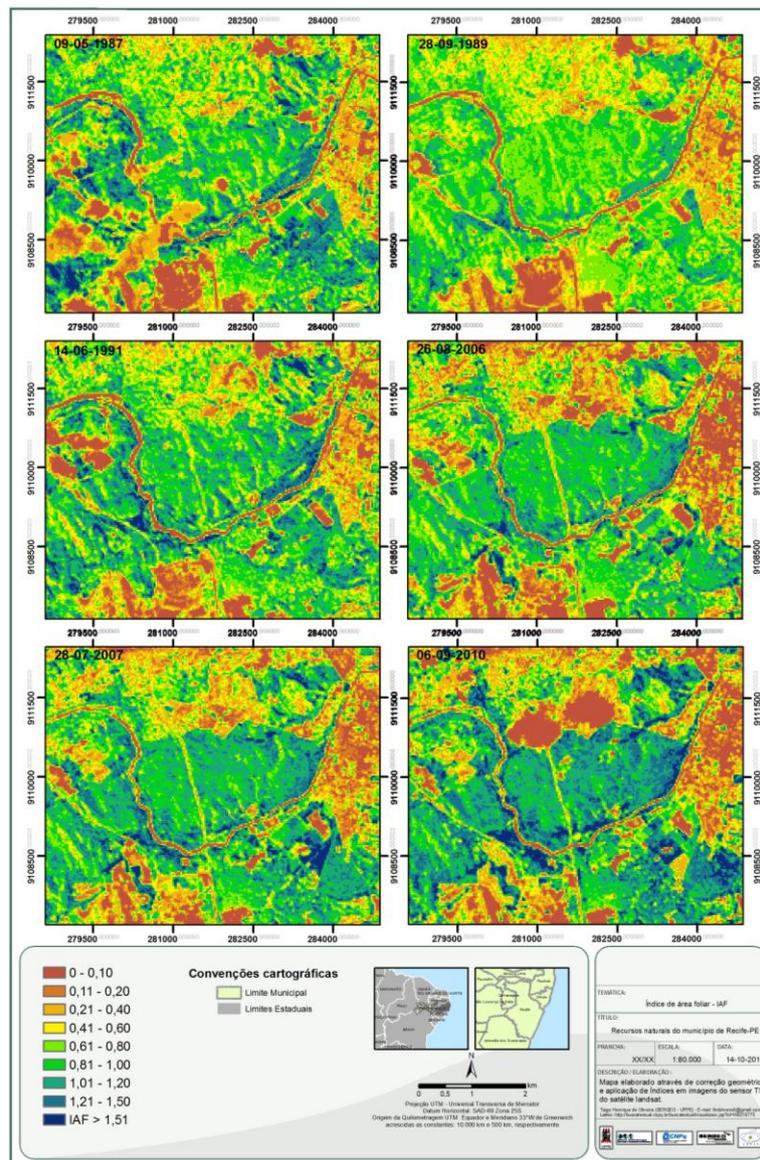


Figura 3. Índice de Área Foliar para a Mata da Várzea e seu entorno.

A grande mancha de solo exposto, localizada mais a sudoeste da área de estudo, apresentou valores de IAF < 0,10 em 9 de maio de 1987, porém a partir da imagem de 28 de setembro de 1989 é possível visualizar um aumento nos valores de IAF. Esta área foi utilizada para a implantação do Complexo Industrial do Curado onde através dos anos foi possível o desenvolvimento de algum tipo de vegetação em algumas áreas de solo exposto.

É possível observar o desenvolvimento da vegetação mais à sudeste da mata da Várzea (limite em amarelo) entre os anos de 1974 de 2008, Figura 4. Esta área era utilizada para o

desenvolvimento de atividades agropastoris e, em virtude da implantação de cercas, a vegetação nativa pôde se recompor.

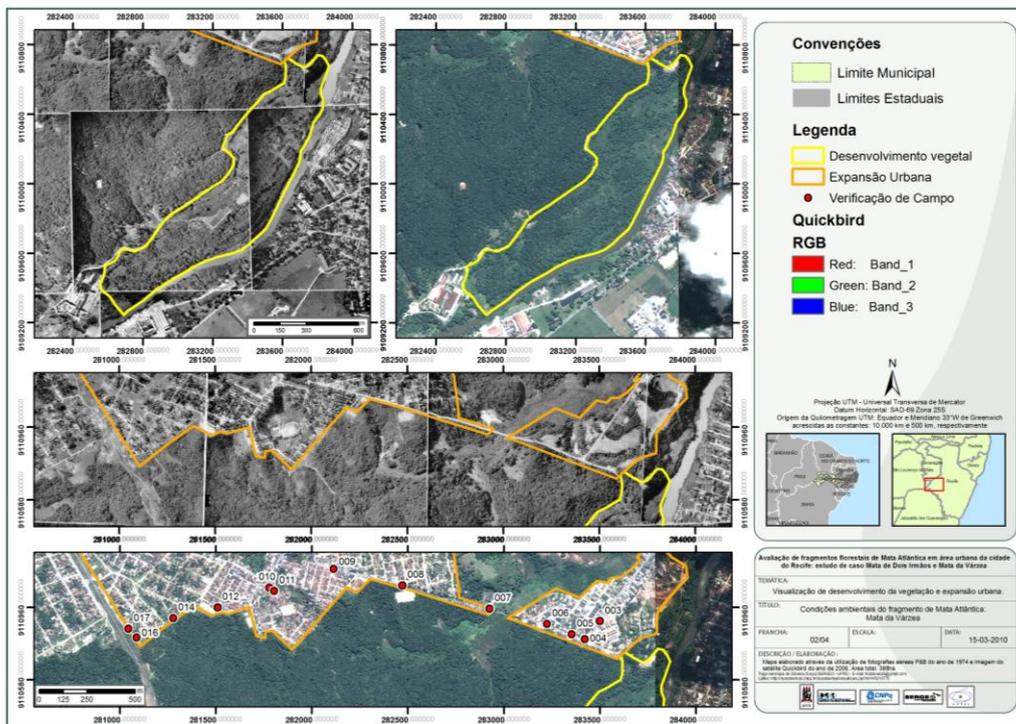


Figura 4. Evolução espaço-temporal de uso e cobertura da terra no entorno da mata da Várzea: A) indivíduos vegetais que tiveram oportunidade de crescimento (em amarelo); B) área de expansão urbana (em laranja).

Na porção mais ao norte da mata da Várzea, Figura 4, é possível observar o elevado desenvolvimento de núcleos urbanos entre os anos de 1981 e 2006 (limite em laranja). Deste modo através da visualização das Figuras 3 e 4, é possível observar, para a área com o limite em amarelo, uma diminuição nos valores de IAF entre as imagens de 9 de maio de 1987 e 28 de setembro de 1989 e um posterior aumento no IAF nas demais imagens. Na área limitada em laranja, indicando expansão urbana, é possível constatar, através das imagens utilizadas, uma diminuição nos valores de IAF.

Através da realização de atividade de campo foi possível observar alguns usos no entorno do fragmento de mata Atlântica, na mata da Várzea, onde foram observados alguns conjuntos habitacionais, Figura 5, áreas para atividades de lazer, Figura 6 e ocupação de áreas de morro na borda do fragmento, Figuras 7 e 8.



Figura 5. Quadra 30 Conjunto habitacional.
Ponto 3 – UTM E: 0283543
UTM N 9110932



Figura 6. Áreas destinada a atividade de lazer.
Ponto 8 – UTM E: 0282552
UTM N 9111106



Figura 7. Mata da Várzea e ocupação desordenada.
Ponto 15 – UTM E: 0281216
UTM N 9110870



Figura 8. Ocupação de áreas de morro próximo ao fragmento Mata da Várzea.
Ponto 11 – UTM E: 0281852
UTM N 9111102

4. Conclusões

As mudanças espaço-temporais ocorridas no interior e no entorno da Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea, em Recife – PE, foram perceptíveis através da utilização do Índice de Área Foliar. A parte do fragmento florestal que apresenta maior proximidade com o rio Capibaribe mostrou um maior desenvolvimento da vegetação com valores de IAF mais elevados ($IAF > 1,21$), enquanto a borda do fragmento, em contato direto com área urbana, mostrou valores mais baixos.

Ao longo dos anos, os valores de IAF apresenta-se mais elevados e com certa homogeneidade no interior do fragmento da mata da Várzea. Isto indica que novos indivíduos vegetais surgiram e tiveram oportunidade de crescer, possivelmente em consequência de uma menor interferência da população local; ou que indivíduos vegetais existentes desenvolveram uma maior biomassa foliar.

Em fim, há uma intensificação do processo de urbanização no bairro da Várzea o que se reflete através de uma acentuada diminuição no IAF na parte mais ao norte e leste da mata da Várzea.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de Mestrado cedida ao primeiro autor, ao CNPq pela bolsa de Doutorado cedida ao terceiro autor, ao INPE por ceder as imagens de satélite através do Catálogo de Imagens de Satélite, à CONDEPE-FIDEM e ao Ministério das Cidades pelas fotografias aéreas e a imagem QuickBird cedidas, respectivamente. Ao CNPq pelo financiamento do Projeto Mata e Mangue: 577356/2008-9. E ao SERGEO - UFPE.

Referencias Bibliográficas

- Accioly, L.J.; Pacheco, A.; Costa, T.C.C.; Lopes, O.F.; Oliveira, M.A.J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.492-498, 2002.
- Allen, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, version 1.0, 97p., 2002.
- Alvim, K.R. de T.; Brito, C.H.; Brandão, A.M.; Gomes, L.S.; Lopes, M.T.G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Cienc. Rural** [online]. 2010, vol.40, n.5, pp. 1017-1022. ISSN 0103-8478.
- Bastiaanssen, W.G.M.; Menenti, M.; Feddes, R.A.; Holtslag, A.A.M.A. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212, 1998a.
- Bastiaanssen, W.G.M.; Pelgrum, H.; Wang, J.; Moreno, Y.M.J.; Roerink, G.J.; Van Der Wal, T. The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213: p. 213-229, 1998b.
- Boegh, E.; Soegaard, H.; Thomsen, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. **Remote Sensing of Environment**, v.79, n.1, p.329-343, 2002.

Braga, C.C., Soares, F.R., Dantas, F.R.C., Barbieri, L.F.P. Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM / LANDSAT 5. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 935-942.

Camargo, F. F., Pereira, G., Moraes, E. C., Oliveira, L. G. L., Adami, M. Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis. **Anais do XIII SBSR**, Florianópolis, 2007. p. 5127-5134.

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, 2003.

Dijk, A.I.J.M.; Bruijnzeel, L.A. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part 2 - Model validation for a tropical upland mixed cropping system. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.247, p.239-62, 2001.

Giongo, P. R. Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural. 92 f. 2008.

Huete, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

Jackson, R.D., Huete, A. R. Interpreting vegetation indices. **Journal of Preventive Veterinary Medicine**, v.11, p.185-200, 1991.

Kergoat, L. A model for hydrological equilibrium of leaf area index on a global scale. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.212-13, p.268-86, 1998.

Lang, A.R.G; Mcmurtrie, R.E. Total leaf areas of single trees of *Eucalyptus grandis* estimated from transmittances of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.58, p.79-92, 1992.

Markham, B. L.; Barker, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

Novas, M.F.B. Mapeamento das estimativas do saldo de radiação e índices de vegetação em área do estado de Alagoas com base em sensores remotos. Dissertação de mestrado em Meteorologia (UFAL).158f. 2008

Oliveira, T. H., Machado, C. C. C., Silva, J. S., Galvêncio, J. D., Pimentel, R. M. M., Silva, B. B. Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.03, p.55 - 69, 2010.

Paiva, Y.G.; Ribeiro, A.; Almeida, A.Q.; Gleriane, J.M.; Pezzopane, J.E.M. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) através de Fotografias Hemisféricas e Índices de Vegetação em plantios clonais de Eucalipto. **Anais... Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril, INPE, p. 2873-2880. 2009

Sellers, P.J.; Dickinson, R.E.; Randall, D.A.; Betts, A.K.; Hall, F.G.; Berry, J.A.; Collatz, G.J.; Denning, A.S.; Mooney, H.A.; Nobre, C.A.; Sato, N.; Field, C.B.; Henderson-Sellers, A. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. **Science**, v.275, p.502-509, 1997.

Silva, B. B. da; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. de. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005a.

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

Souza, I.M.C. de, Palmerim, M.S. dos S., Cantuária, P. de C. Diagnóstico da arborização de praças públicas do município de Macapá-AP, Brasil. Macapá: IMMES, 2006. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Florestas Tropicais). 66 p., 2006.

Xavier, A.C., Vettorazzi, C.A., Machado, R.E. Relação entre Índice de Área Foliar e frações de componentes puros do Modelo Linear de Mistura Espectral, usando imagens ETM+/LANDSAT. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.421-430, maio/ago. 2004

Xavier, A.C., Vettorazzi, C.A.. Monitoring leaf area index at watershed level Through NDVI from LANDSAT-7/ETM+ data. **Sci. Agríc.** (Piracicaba, Braz.), v.61, n.3, p.243-252, May/June 2004