

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

BARBARA DOS S. ESTEVES¹, JOSÉ C. MENDONÇA², RODRIGO DE A. MUNIZ³, ELIAS F. DE SOUSA⁴, FRANCISCA M. A. PINHEIRO⁵

¹Eng. Agrônoma, Mestranda, Lab. de Engenharia Agrícola - LEAG, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - CCTA/UENF, Campos dos Goytacazes - RJ, Fone: (0 xx 22) 2739 7286, barbarase@yahoo.com.br, ²Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Lab. de Meteorologia, LAMET/CCT/UENF, Macaé, RJ. ³Eng. Agrônomo, Mestrando, LEAG/CCTA/UENF, Campos dos Goytacazes - RJ, ⁴Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, LEAG/CCTA/UENF, Campos dos Goytacazes - RJ, ⁵Meteorologista, Profa. PhD, Lab. de Meteorologia - LAMET/CCT/UENF, Macaé, RJ.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte - MG.

RESUMO: Este trabalho apresenta uma estimativa do índice de área foliar (IAF) utilizando-se da metodologia contida no algoritmo Surface Energy Balance Algorithm for Land (Algoritmo do Balanço de Energia na Superfície para Terra) - SEBAL para a cultura da cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense, RJ, Brasil, com o uso de imagens digitais orbitais obtidas do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer - Espectroradiômetro de Imagem com Resolução Moderada*) a bordo da plataforma Terra para uma resolução espacial de 250 m fornecidas pela NASA (National Aeronautics and Space Administration - Administração Nacional Aeronáutica e Espaço). As imagens foram processadas utilizando-se o software Erdas Image 8.7. Para validação dos resultados estimados remotamente foram coletadas amostras de folhas de cana-de-açúcar em campo. A área foliar das plantas foi medida em laboratório e realizado o cálculo do IAF, sendo o resultado comparado com os valores estimados que apresentaram baixo erro padrão de estimativa (0,33) e com índices de correlação (0,95) e determinação (0,90).

PALAVRAS-CHAVE: IAF, SEBAL, MODIS

ESTIMATION OF LEAF AREA INDEX OF SUGAR CANE CULTURE USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

ABSTRACT: This work shows the estimation of leaf area index (LAI) over sugar cane plantation in the Norther Fluminense region, RJ, Brazil, using the algorithm SEBAL (**Surface Energy Balance Algorithm for Land**) in digital images that are obtained from MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) sensor, installed on board of TERRA satellite with 250m of spatial resolution supplied by NASA (**National Aeronautics and Space Administration**). The images were processed using the software Erdas Image 8.7. Then to validate the estimated results samples of leaves of sugar cane were collected in the field. Leaf areas of plants were measured in the laboratory and the index were calculated. The results were compared with the estimated values and showed a very low standard error (0.33) and with a correlation (0.95) and determination (0.90) indexes.

KEYWORDS: LAI, SEBAL, MODIS

1. INTRODUÇÃO: O sensoriamento remoto pode ser definido como a técnica de obtenção de informações de determinados alvos sem contato físico a partir de sistemas sensores que podem ser orbitais, não orbitais ou terrestres. PAIVA (2005) cita que as bases físicas do sensoriamento remoto partem da compreensão do comportamento da energia eletromagnética,

refletida ou emitida pelo objeto analisado. Na região Norte Fluminense, RJ, a cultura da cana-de-açúcar apresenta-se como um monocultivo importante. Uma das medidas que contribui para acompanhar a produtividade da cultura da cana é o Índice de Área Foliar (IAF), sendo este uma das variáveis mais significativas no que diz respeito à estrutura da vegetação para grandes áreas, podendo definir trocas de energia com a biomassa, relacionadas com o rendimento das culturas e a evapotranspiração (XAVIER et al., 1998), sendo definido como a relação entre a área foliar e a área ocupada pela planta. O uso de informações provenientes de sensores remotos para o cálculo do IAF em cana-de-açúcar pode ser visto como alternativa para demonstrar a ocupação do território e a utilização dos recursos pela cultura. Assim sendo, os dados gerados pelo sensoriamento remoto podem ser utilizados para monitoramento das áreas de cultivo e aplicado em modelos para previsão de safra. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a metodologia de estimativa do índice de área foliar (IAF) contida no SEBAL para a cultura da cana-de-açúcar com o uso de imagens digitais orbitais obtidas do sensor MODIS-Terra e técnicas de sensoriamento remoto, na Região Norte Fluminense, RJ, Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS: Este estudo foi desenvolvido na Região Norte Fluminense, RJ, sendo dividido em coletas preliminares e a coleta múltipla. As coletas preliminares foram realizadas nos dias julianos 63 (04/03/08) e 128 (09/05/08) em duas áreas previamente selecionadas com manejos distintos. A área 1 constituía-se de uma área de produção em rebrota, mal-manejada e a área 2 era uma área em cana de primeira folha, bem manejada. Em cada área foram coletadas amostras de folhas em 6 m divididos em duas linhas de plantio, sendo o ponto amostrado georreferenciado. As amostras tiveram suas áreas foliares medidas em laboratório, utilizando-se o aparelho LI – COR area meter 3100 e com estas medidas calculado os respectivos IAF. A coleta múltipla foi realizada no dia Juliano 247 (04/09/08), onde foram coletados amostras de 12 pontos de áreas de cultivo de cana-de-açúcar em diferentes estágios de desenvolvimento, espacializadas na região. Foram coletadas as folhas da mesma forma das coletas preliminares, sendo pesadas, para obtenção do peso total. Depois foram retiradas amostras em torno de 500 g para obtenção da área foliar em laboratório e posterior cálculo da área foliar total. A relação utilizada para o cálculo da área foliar total está apresentada abaixo:

$$I_{af} = AF_a/P_a \quad (1) \quad AFT = I_a.P_t \quad (2)$$

Onde I_{af} é o índice de área foliar da amostra; AF_a é a área foliar da amostra; P_a é o peso da amostra; AFT é a área foliar total e P_t é o peso total das folhas.

Foram utilizadas imagens do sensor MODIS a bordo da Plataforma Terra, provenientes do produto MOD09 (superfície de reflectância). As imagens foram obtidas junto ao Land Processes Distributed Active Archive Center – Centro de Arquivo Ativo da Distribuição dos Processos da Terra (LP-DAAC) da NASA pelo portal <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/ims/welcome/> e foram reprojetaadas para resolução espacial de 250m utilizando a ferramenta MODIS Reprojection Tool (MODIS_ Ferramentas de Reprojeção - MRT). Após a reprojeção, as imagens foram transferidas para o software Erdas Image - Pro Versão 8.7 onde se realizou o processamento.

Na Figura 1 está apresentado o esquema simplificado do processamento das imagens MODIS.



Figura 1 – Esquema do processamento das imagens MODIS

Para o cálculo do IAF utilizando-se o algoritmo SEBAL foi utilizada a equação sugerida por ALLEN *et al.* (2002), Equação 03, e o valor utilizado para constante L do SAVI - *Soil Adjusted Vegetation Index* (Índice de Vegetação Ajustada no Solo - Equação 4) foi de 0,1. Os resultados foram tratados estatisticamente utilizando-se a regressão linear simples, onde a variável dependente foram os valores medidos e a variável independente foram os valores estimados.

$$IAF = \ln[(0,69 - SAVI/0,59)/0,91] \quad (3) \quad SAVI = [(IVP - V)(1 + L)/(IVP + V + L)] \quad (4)$$

Sendo o IVP a reflectância no infravermelho próximo, V é a reflectância no vermelho e L é a constante de correção para fatores do solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A variação do IAF mostrada na Figura 2 para a Região Norte Fluminense entre a primeira e a segunda coleta, representando a variabilidade temporal e sua distribuição espacial.

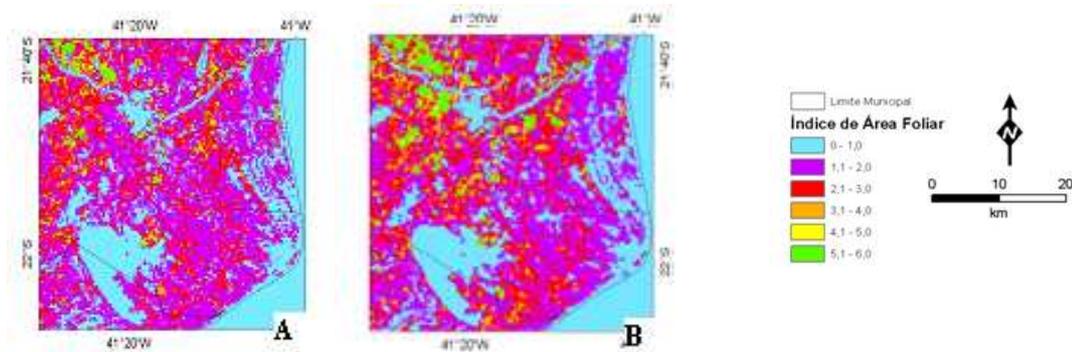


Figura 2 – Distribuição espacial do IAF estimado nos dias 04/03/2008 (A) e 09/05/2008 (B).

Tendo em vista os dados encontrados nas coletas preliminares foi possível observar a diferenciação do IAF entre as áreas de diferentes manejos, o que pode ser visto na Tabela 1, observando-se os valores de IAF encontrados para área 1 e área 2. Esta diferenciação quanto ao manejo, tendo em vista que uma área em melhores condições tende a apresentar um maior IAF do que uma área em más condições, também foi verificada por XAVIER *et al.* (1998) estudando áreas de cultivo de eucalipto.

Com os dados das coletas preliminares e os da coleta múltipla, foi realizada uma regressão linear simples entre estes valores e os estimados pela metodologia SEBAL, sendo apresentada na Figura 3 onde são apresentados os resultados da regressão linear entre o IAF medido em campo (A) e o estimado pela metodologia contida no SEBAL, onde os valores do coeficiente de determinação (R^2) = 0,90 e de correlação (r) = 0,95.

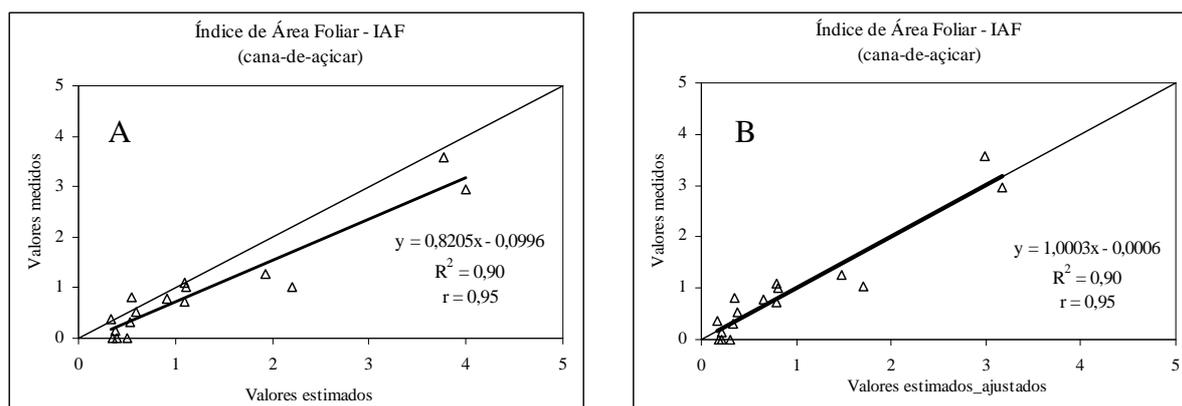


Figura 3 – Regressão linear entre o IAF medido em campo e o estimado pela metodologia contida no SEBAL (A) e com os valores estimados ajustados (B)

Observando-se a Figura 3 (A) pode-se verificar que houve uma tendência da metodologia SEBAL de superestimar os valores encontrados de IAF, tendo em vista, o b da equação da reta (0,8205) inferior a 1. A equação encontrada nesta regressão foi utilizada como condicionante do algoritmo SEBAL. Foi feita nova estimativa, encontrando-se valores ajustados e uma nova equação, apresentada na Figura 3 (B). Preliminarmente, os resultados encontrados na Figura 3 (A) potencializaram um melhor ajustamento para os valores estimados. No entanto, é necessário se fazer mais coletas em diferentes períodos, para se aumentar o número de dados e assim gerar uma equação de ajustamento mais consistente, contemplando valores intermediários. Outros fatores devem ser levados em consideração também, em relação aos erros na estimativa do IAF encontrados neste estudo, tal como considerar que a metodologia considera um pixel de 250 m como um elemento único, sendo comparada a um valor pontual coletado em 8,4 m² e 9 m² respectivamente. Considerar um dossel de plantas como um meio homogêneo pode ocasionar erros na interpretação de dados, levando-se em consideração a radiação interceptada pelas plantas, pois a própria natureza de um dossel é heterogênea (SCAPARI, 2007).

Tabela 1 – Valores do IAF medido, estimado e ajustado pela regressão entre valores medidos em campo e estimados pela metodologia contida no algoritmo SEBAL.

Coordenadas		Amostras	IAF medido	IAF estimado	IAF ajustado
Latitude	Longitude				
21°44'33,9"	41°12'07,0"	1	0,15	0,39	0,22
21°42'50"	41°09'33,9"	2	-	0,35	0,18
21°45'34,1"	41°13'44,5"	3	0,81	0,54	0,35
21°48'29,2"	41°14'07,5"	4	0,72	1,09	0,78
21°49'31,0"	41°20'41,2"	5	0,52	0,59	0,39
21°53'27,2"	41°19'09,2"	6	1,02	1,12	0,82
21°53'04,5"	41°16'49,1"	7	-	0,50	0,31
21°49'33,6"	41°25'10,5"	8	0,32	0,54	0,34
21°46'23,4"	41°24'39,6"	9	-	0,39	0,22
21°44'50,3"	41°26'42,5"	10	1,09	1,93	0,80
21°43'36,9"	41°21'53,1"	11	0,36	0,33	0,17
21°41'28,5"	41°21'31,8"	12	0,79	0,92	0,66
21°52'08,9"	41°21'04,5"	Área 1	1.02	2.20	1,71
21°52'08,9"	41°21'04,5"	Área 1	1.27	1.93	1,48
21°52'03,2"	41°16'26,4"	Área 2*	3.57	3.77	2,99
21°52'03,2"	41°16'26,4"	Área 2**	2.95	3.99	3,17

Na Tabela 1 são apresentados os valores do IAF em áreas onde não foram coletadas amostras de folhas (pontos 2, 7 e 9). As áreas 2 e 9 se apresentavam em condição de solo exposto. A área 2 era uma área recém preparada para o plantio e a área 9 recentemente colhida. A área 7 era uma área em que a cana também havia sido recentemente colhida estando ainda no campo. A existência de IAF encontrado nas áreas onde não se coletou amostras pode ser explicada pela presença de vegetação espontânea, pela coloração do solo ou mesmo pela calibração do sensor.

4. CONCLUSÃO: A metodologia contida no algoritmo SEBAL é capaz de estimar as variações temporais e espaciais do índice de área foliar na cana-de-açúcar na Região Norte Fluminense, RJ. Em relação aos valores encontrados da comparação dos valores pontuais com valores médios do píxel de 250 m, pode-se concluir ainda que a metodologia contida no SEBAL tende a superestimar o cálculo o IAF, necessitando de ser ajustada regionalmente. Os autores darão continuidade a este estudo ampliando o numero de amostragens para validação terrestre.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALLEN, R. G.; TREZZA, R.; TASUMI, M. M. Surface energy balance algorithms or land - Advance training and users manual, version 1.0, 2002. p. 98.

PAIVA, C. M. Estimativa do Balanço de Energia e da Temperatura da Superfície Via Satélite NOAA-AVHRR. (Tese de doutorado). Rio de Janeiro, RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. 218 p.

SCAPARI, M. S. PREDPOL: um modelo de previsão da maturação da cana-de-açúcar visando planejamento otimizado. (Dissertação de mestrado). Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, 2007. 120 p.

XÁVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C.; FREITAS, C. C. Estimativa de IAF de plantações de eucaliptos a partir de dados TM / LANDSAT. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 1998.