

Avaliação do IAF para uso na estimativa de produtividade da manga: Estudo de caso em Cuiarana - Pará

Adriano Marlison Leão de Sousa ¹
Paulo Jorge Oliveira Ponte de Souza ¹
Maria Isabel Vitorino ²

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA/ISARH
CEP – 66.077-530 - Belém - PA, Brasil
{Adriano.souza, paulo.jorge}@ufra.edu.br

² Universidade Federal do Pará – UFPA/FAMET/PPGCA
Caixa Postal 479 – 66.075-110 - Belém - PA, Brasil
vitorino@ufpa.br

Abstract. This study describes the characteristics of the temporal spectrum NDVI and LAI in a mango growing area in the city of Salinópolis in northeastern Para, collected from the MODIS sensors from September 2009 to April 2010. This period covers the physiological cycle of the crop for the northeast region of Para State. Results indicate that the evolution temporal spectrum NDVI was highly correlated to the different phenological phases of the mango (flowering, fruiting, maturation and harvesting) and that this index illustrated very well the variations in biomass throughout the phenological cycle. It is important to note also that the highest LAI values were associated with the highest NDVI values during maturation and that its temporal behavior are qualitatively very similar throughout the period. Finally, this study demonstrates that from the data of NDVI and LAI, we can identify the optimum development of the mango crop in northeastern Para, thus helping to improve the estimate of productivity and better calibration of agrometeorological models, giving better support for farmers in this region. These aspects are particularly important because they show purely local effects of this culture and therefore should be analyzed in more detail later.

Palavras-chave: NDVI, IAF, Manga, produtividade.

1. Introdução

Apesar do Estado do Pará ter sua capital conhecida como a cidade das mangueiras devido aos extensos e contínuos túneis de mangueira, o cultivo comercial da manga em todo o estado possui pequena expressão comparada aos demais estados da Amazônia, e principalmente em relação aos municípios da região Nordeste, principais produtores. Alguns resultados mostram que este tipo de ecossistemas proporciona uma redução da energia direcionada ao solo, correspondendo a apenas 6% do saldo de energia disponível, com mais de 74% desta energia sendo consumida no processo de evapotranspiração (Silva et al., 2007), apresentando maior taxa na fase de maturação, variando entre 3,8 a 5,6 mm.dia⁻¹ dependendo da disponibilidade hídrica, o que demonstra, por exemplo, a eficiência desta cultura em regularizar o ciclo hidrológico em áreas degradadas.

Nesse sentido, é muito importante que se desenvolva um estudo sobre as características Agrometeorológicas e hidrológicas neste tipo de ecossistema em regiões que sofreram impactos pela ação do homem a fim de se avaliar a sua potencialidade econômica associada a sua eficiência ecológica como estratégia de recuperação ambiental, e também a produtividade através de modelos agrônomicos a partir de dados remotos. Dessa forma, a fruticultura no estado do Pará se traduziria numa importante alternativa de retorno econômico e ambiental principalmente para a comunidade local, diante da baixa sustentabilidade das atividades que são desenvolvidas sem acompanhamento técnico e da necessidade de diminuir a pressão econômica sobre o ecossistema natural.

Apesar de mais de 80% da produção da manga no País ser proveniente da região Nordeste (Assis et al, 2004), a região Amazônica possui uma série de características que a tornam habilitada para investir no agronegócio da fruticultura. Parte da Amazônia setentrional, como no caso do Estado de Roraima, é atualmente considerada por muitos como o celeiro produtivo Amazônico devido às condições de solo, água e clima se apresentarem em determinadas micro-regiões favoráveis ao seu desenvolvimento (Neves et al., 2007).

Por ser a maior região do País e possuir grandes áreas desmatadas, além de apresentar não apenas clima e solo favoráveis, mas também recursos hídricos em abundância para a produção de frutas tropicais, grande parte do cultivo nacional da manga teria condições de ser desenvolvido na região Amazônica. Com a crescente expansão do mercado internacional de suco de frutas tropicais a fruticultura na Amazônia poderia agregar mão-de-obra, criando alternativas para a fixação e geração de renda, em especial para a agricultura familiar.

Nesse sentido, é de suma relevância que se desenvolva um estudo sobre as características agrometeorológicas da cultura de manga na região a fim de se avaliar as exigências hídricas da mesma em função do regime climático predominante na região e com isso fornecer subsídios e informações necessárias para a adoção de técnicas de manejo adequadas para melhorar a produção no estado do Pará.

O objetivo do presente trabalho é evidenciar os principais resultados alcançados com o uso de imagens MODIS para determinar os valores de Índice de Área Foliar (IAF) a fim de melhorar a estimativa da produtividade em pomares de manga localizados no litoral nordeste do estado do Pará.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de Estudo

O sítio experimental encontra-se instalado em uma área de cultivo de mangueira, com aproximadamente 25,8 hectares, situada na localidade de Cuiarana (0°39'49.72''S, 47°17'03.41''O, 17 m), município de Salinópolis, região nordeste do estado do Pará (Figura 1). A referida área pertence à Universidade Federal do Pará (UFPA) e da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), possuindo todo o terreno ocupado com pomares de mangueira, variedade *Tommy Atkins*, implantado na região desde 1993. Os pomares encontram-se distribuídos em fileiras no sentido leste-oeste, com espaçamento de 10 metros entre fileiras e de 10 metros entre plantas, perfazendo 100 plantas ha⁻¹. O pomar esteve abandonado entre 1993 e 2003, quando então iniciaram as primeiras atividades na área por parte da UFRA, referente exclusivamente à colheita final dos frutos, o que tem rendido uma produção média de 44.246 kg.

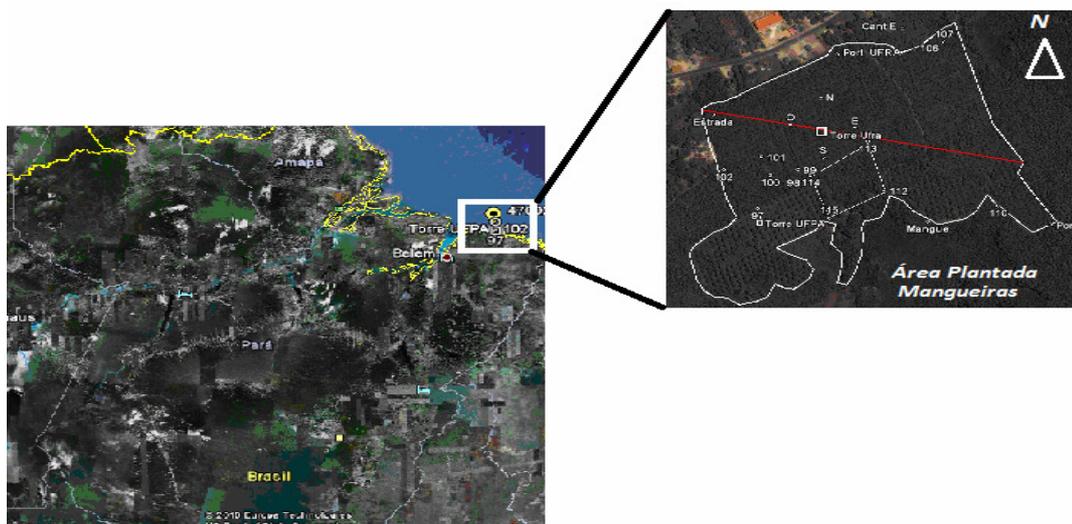


Figura 1. Localização do Sítio Experimental. Fonte: Imagem Google Earth.

2.2. Dados

As medidas agrometeorológicas, estão sendo tomadas a partir de uma torre metálica de 15 m de altura (Figura 2a) que foi erguida dentro da área experimental onde está instalada uma estação meteorológica automática e sensores meteorológicos para medir a radiação solar global, saldo de radiação, perfil vertical de temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, precipitação, umidade do solo, temperatura do solo e fluxo de calor no solo. A localização da torre obedece às exigências mínimas de bordadura da área a fim de que as medidas obtidas sejam representativas da área experimental (Figura 2b).

O índice de área foliar (IAF ou LAI) de uma planta pode ser definido como a área das suas folhas em relação à área de solo por elas ocupada. O IAF é uma importante variável na modelagem do crescimento e desenvolvimento das plantas para estimar a produtividade agrícola (Doraiswamy et al. 2005).

Neste trabalho, foram utilizados os produtos MODIS (*Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* - MOD13 - 16 dias) e o (IAF - MOD15 - 8 dias), onde ambos os produtos tem como principal variável de entrada as imagens de refletância de superfície. A base teórica e de implementação dos produtos utilizados para geração dos valores de IAF podem ser encontrados em Knyazikhin et al. (1999).

O período de estudo compreende os meses de setembro de 2009 a abril de 2010, período este, coincidente com o ciclo fenológico da cultura de manga na região nordeste paraense. Para tal estudo foram selecionadas 8 imagens de NDVI e IAF correspondentes as datas (249, 281, 305, 337, 001, 033, 065 e 097 dias Juliano, 06/set, 08/out, 01/nov, 03/dez, 01/jan, 02/fev, 06/mar e 07/abr), respectivamente.



Figura 2. Torre Micrometeorológica entre mangueiras (a) e área plantada de Mangueiras (b).

2.3. Metodologia

Para o cálculo do IAF foram utilizadas as cenas de NDVI (MOD 13), que inicialmente estima-se a fração de cobertura do solo, através do método proposto por Choudhury et al. (1994), de acordo com a expressão a seguir:

$$F_c = 1 - (NDV_{Imax} - NDVI / NDV_{Imax} - NDV_{Imim})^{0.6} \quad (1)$$

Em que, F_c – Fração do solo coberta pela cultura; NDV_{Imax} – valor máximo do NDVI da imagem; NDV_{Imin} – valor mínimo do NDVI da imagem; $NDVI$ – valor do NDVI do pixel a ser contabilizado. Segundo Norman et. al. (2003), o IAF é estimado a partir da Equação abaixo:

$$IAF = - 2\ln(1 - F_c) \quad (2)$$

De posse dos valores estimados de IAF a partir das imagens MODIS (MOD 13 - NDVI), fez-se a comparação destes valores com os estimados a partir do produto MODIS (MOD 15 – IAF), para fins de estimativa da produtividade na área de mangueiras, no período de setembro de 2009 a abril de 2010.

3. Resultados e Discussão

3.1. Perfil Temporal do NDVI e IAF na Área de Manga.

A Figura 3 mostra o perfil temporal do índice de vegetação por diferença normalizada, para as fases da cultura de manga (florescimento, frutificação, maturação e colheita) no nordeste paraense para o período de setembro de 2009 a abril de 2010, nas datas abaixo relacionadas na figura.

Nota-se a partir do NDVI extraídos das imagens, que para os meses de setembro, outubro de 2009 e abril de 2010 (Dias Juliano 249, 281 e 097) respectivamente, foram observados os menores valores de NDVI, coincidindo com o período de florescimento e de maturação onde

há uma intensa alteração na coloração do dossel em função das inflorescências e maturação dos frutos, respectivamente. Resultados obtidos por Teixeira et al. (1999), indicam um elevado albedo (0,21) durante a fase inicial do florescimento da mangueira, com uma acentuada redução nesta reflectância (0,14) cerca de 30 dias após a antese. O crescimento dos valores a partir do início do mês de novembro de 2009 evidencia a sensibilidade do NDVI ao aumento da biomassa e conseqüente redução das inflorescências, por ocasião do início da frutificação da cultura, determinando o surgimento dos frutos nesta época do ano.

A partir de janeiro de 2010 (dia Juliano 001), observam-se os maiores valores de NDVI, relacionando-se principalmente aos estádios mais avançados do ciclo fenológico. Ademais, nota-se que a evolução temporal do NDVI esteve relacionada às diferentes fases do ciclo fenológico da manga e que o NDVI exemplificou muito bem as variações na biomassa ao longo do seu ciclo.

Ressalta-se que este tipo de estudo na região é pioneiro, não havendo a possibilidade de comparação com outros estudos para a mesma cultura pela ausência de resultados. No entanto, os resultados obtidos são similares aos encontrados para outras culturas como, por exemplo, soja e arroz (Rudorff et al. 2007), apesar de as mesmas serem culturas anuais, e portanto apresentarem variação mais pronunciada na biomassa aérea em comparação com frutíferas.

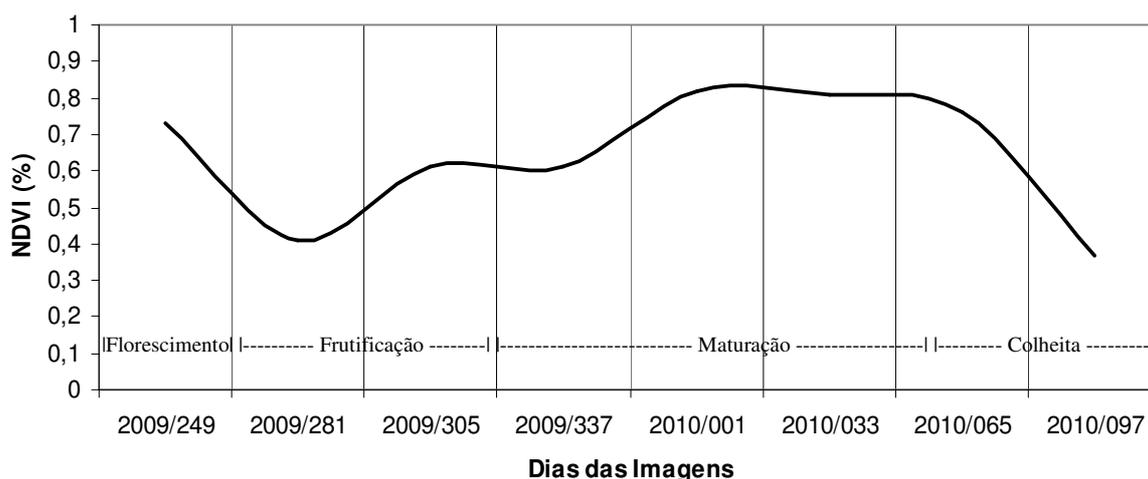


Figura 3. Perfil espectral temporal do NDVI para a área de Mangueiras. Aproximadamente 10.000 pixel.

Percebe-se na Figura 4, uma variação muito grande no IAF entre as fases da cultura (florescimento, frutificação e maturação). Comparando as figuras 3 e 4, nota-se que nas fases de florescimento e frutificação, ambos NDVI e IAF apresentam os menores valores, conforme observado no comportamento de outras culturas anuais, como soja e arroz (Fontana et al. 1992).

Entretanto, os valores de IAF estimados pelo sensor MODIS estão muito abaixo dos valores reais encontrados na literatura para este tipo de cultura, indicando a necessidade de melhoria do modelo. Azevedo et al. (1999) encontraram valores de IAF para a mangueira na região de Petrolina de 15,11 para plantas individuais e de 13,3 para toda a área experimental.

Por outro lado, nota-se ainda que os maiores valores de IAF estão associados aos maiores valores de NDVI, principalmente na fase de maturação da cultura, diferindo dos resultados encontrados por Azevedo et al. (2003) para o nordeste do Brasil, onde foi observado a ocorrência dos maiores valores de IAF na fase de frutificação da manga.

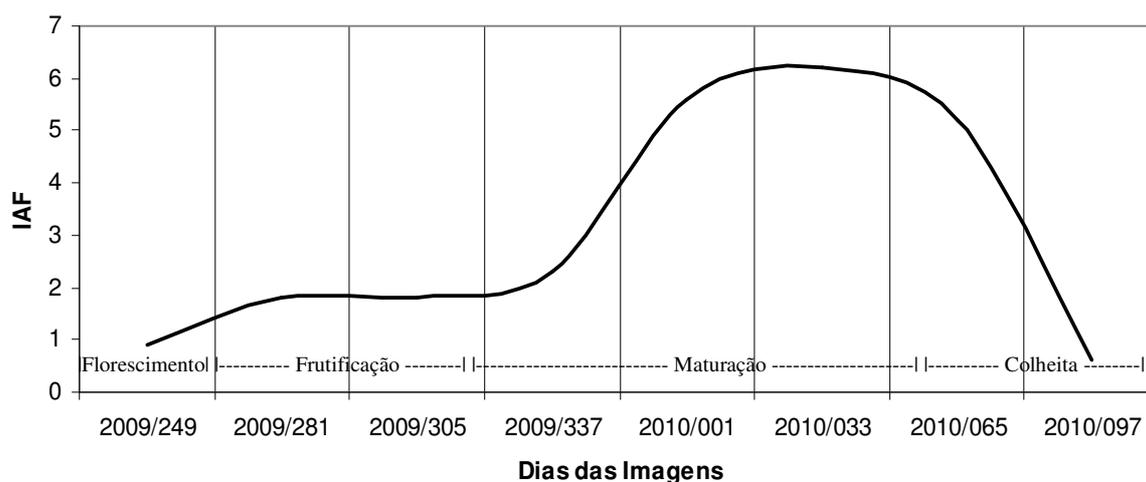


Figura 4. Perfil espectro temporal do IAF para a área de Mangueiras. Aproximadamente 10.000 pixel.

A Figura 5 mostra o perfil espectro temporal do IAF estimado (via imagens) e calculado a partir da equação 2, proposta por Norman et al. (2003). Observa-se que ambos os resultados são coincidentes no aspecto qualitativo, mas há uma sub-estimativa do IAF fornecido pela imagem (61% da calculada), principalmente na fase de maturação da cultura. Ressalta-se que estes valores calculados de IAF, são extraídos das imagens do produto MODIS (NDVI), mostrando que há diferenças quantitativas entre os calculados via equações conhecidas e os produtos adquiridos através de sensoriamento remoto.

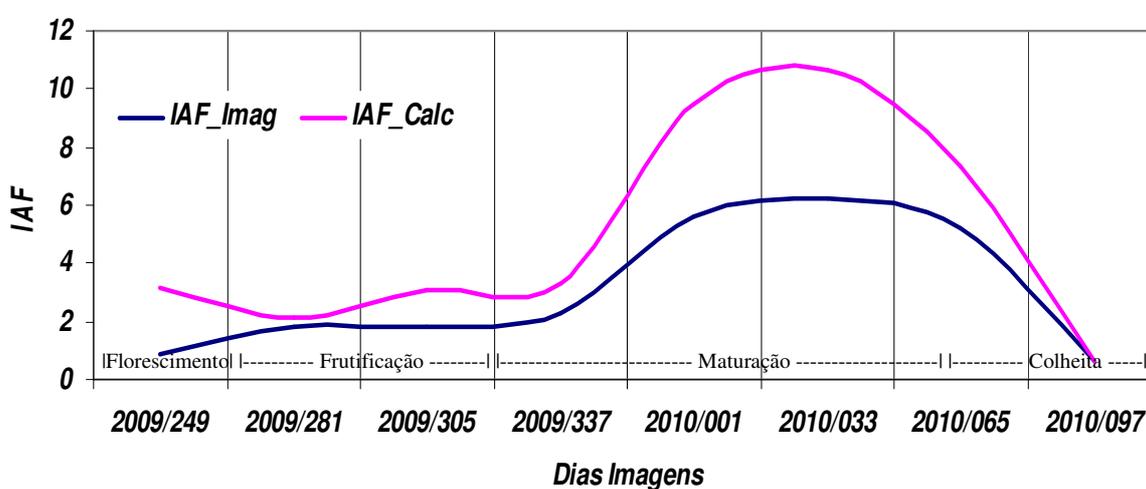


Figura 5. Perfil espectro temporal do IAF estimado via imagem e calculado para a área de Mangueiras. Aproximadamente 10.000 pixel.

4. Conclusões

O estudo apresentado neste trabalho envolve uma simples análise quantitativa, a partir dos produtos MODIS (MOD 13 – NDVI e MOD 15 – IAF) em uma área plantada predominante de Mangueiras do tipo *Tommy Atkins* nas fases de florescimento até a sua colheita durante a safra de 2009/2010. Os resultados indicam que a evolução temporal do

NDVI esteve correlacionada às diferentes fases do ciclo fenológico da manga e que o NDVI exemplificou muito bem as variações na biomassa/reflectância ao longo do seu ciclo fenológico. É importante ressaltar ainda, que os maiores valores IAF estiveram associados aos maiores de NDVI na fase de maturação e que seu comportamento temporal foi muito similar ao longo de todo o período.

É oportuno salientar que este trabalho não teve como objetivo validar os dados de IAF estimados a partir dos sensores MODIS, visto que ainda não existem dados observados desta importante variável ambiental. Nesta ocasião, este trabalho mostra a partir dos dados de NDVI e IAF, o máximo desenvolvimento da cultura de manga no nordeste do Pará, a fim de corroborar na melhoria da estimativa da produtividade nos modelos agrometeorológicos para assim fornecer suporte aos agricultores desta região.

Embora as características gerais deste estudo sejam comuns a outros casos analisados na literatura, existem singularidades inerentes a cada caso. Esses aspectos são particularmente importantes, pois evidenciam efeitos puramente locais desta cultura e, portanto, devem ser analisados com mais detalhes posteriormente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LBA (Large Scale Biosphere - Atmosphere in the Amazonia), pelo suporte dado ao desenvolvimento do projeto, a NASA por disponibilizar os produtos MODIS, a Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA por ceder a sua área de manga para as nossas pesquisas, ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa (processo n° 557647/2010-0).

Referências Bibliográficas

Assis, J.S.; Silva, D.J.; Moraes, P.L.D. Equilíbrio Nutricional e Distúrbios Fisiológicos em Manga ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p.326-329, 2004.

Azevedo, P.V.; Silva, B.B.; Silva, V.P.R.; Soares, J.M.; Teixeira, A.H.C.; Lopes, P.B.M.; Sobrinho, J.E. Avaliação do Índice de área foliar da mangueira. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11; Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianopolis.1999.

Azevedo, P. V.; Silva, B. B.; Silva, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58, p.241–254, 2003.

Choudhury, B. J.; Ahamed, N. U.; Idso, S. B.; Reginato, R. J.; Daughtry, C. S. T. Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. **Remote Sensing of Environment**, v. 50, n. 1, p. 1-17, 1994.

Doraiswamy, P.C.; Sinclair, T. R.; Hollinger, S.; Akhmedov, B.; Prueger, J. Applications of MODIS derived parameters for regional crop yield assessment. **Remote Sensing of Environment**, v. 97, p. 192 – 202, 2005.

Fontana, D. C.; Berlato, M. A.; Bergamashi, H. Alterações micrometeorológicas na cultura de soja submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 5, p. 661-669, 1992.

Knyazikhin, Y.; Glassy, J.; Privette, J. L.; Tian, Y.; Lotsch, A.; Zhang, Y.; Wang, Y.; Morisette, J. T.; Votana, P.; Myneni, R. B.; Nemani, R. R.; Running, S. W. MODIS Leaf Area Index (LAI) and Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed Vegetation (FPAR) Product (MOD15) **Algorithm Theoretical Basis Document**, 1999.

Neves, L.C.; Benedette, R.M.; Silva, V.X.; Prill, M.A.S.; Vieites, R.L. Produção de Polpas de Mangas Tommy Atkins na Amazônia Setentrional através da Aplicação de Preservativos e da Pasteurização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.2, p.326-329, 2007.

Norman, J. M.; Anderson, M. C.; Kustas, W. P.; French, A. N.; Mecikalski, J.; Torn, R.; Diak, G. R.; Schmugge, T. J. Remote sensing of evapotranspiration for precision-farming applications. International Geoscience and remote sensing Symposium. Toulouse, 2003. **Proceedings...** Toulouse, 2003.

Rudorff, B. F. T.; Shimabukuro, Y.; Ceballos, J. C. **O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 423 p.

Teixeira, A.H.C.; Lopes, P.B.M.; Silva, B.B.; Azevedo, P.V.; Silva, V.P.R.; Sobrinho, J.E.; Soares, J.M. Avaliação da reflectância da cultura da mangueira. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 11; Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia, 2. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis.1999.

Silva, V.P.R.; Azevedo, P.V.; and Silva, B.B. Surface Energy Fluxes and Evapotranspiration of a Mango Orchard Grown in a Semiarid Environment. *Agron. J.* 99:1391–1396 (2007).