

RELAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA INTERCEPTADA E A FORMAÇÃO DE MATÉRIA SECA DE FRUTOS DE MANGA

Vanessa Rakel de Moraes Dias^{1,2}, Stéfano Teixeira da Silva¹, Erondina Azevedo de Lima¹, Gonçalo Gonçalves Dorileo Junior¹, Geison Jader Mello¹

1-Mestre em Física Ambiental pelo programa de Pós-Graduação em Física Ambiental do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso - Av. Fernando Corrêa da Costa, s/n° Cidade Universitária - Cuiabá/MT, CEP: 78060-900.
2-Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agro-Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso – Rod. MT-358, Km 07, Jardim Aeroporto – Tangará da Serra/MT, CEP: 78300-000.

e-mail: vanessadias@unemat.br

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

A formação de matéria seca pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida pelas folhas, bem como à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química pela fotossíntese. Assim, o objetivo deste estudo foi encontrar a relação entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas de mangueiras das cultivares Alfa e Malind e a formação de matéria seca dos frutos. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, no município de Santo Antônio do Leverger-MT. Foi estabelecido um modelo de regressão linear para estimar a matéria seca dos frutos por meio do volume dos mesmos, considerado um método não destrutivo. A relação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PAR_{int}) para a formação de matéria seca foi determinada por meio de modelo de regressão linear entre a PAR_{int} acumulada e a matéria seca dos frutos das duas cultivares. Os frutos das cultivares Alfa e Malind apresentaram taxas de acúmulo de matéria seca de $0,0402g.MJ^{-1}.m^{-2}$ e $0,0492g.MJ^{-1}.m^{-2}$, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: radiação fotossinteticamente ativa, matéria seca, *Mangifera indica*.

RELATIONSHIP BETWEEN THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVE RADIATION INTERCEPTED AND FORMATION OF DRY MATTER OF MANGO FRUITS

ABSTRACT

The formation of dry matter is related to the amount of photosynthetic active radiation intercepted and absorbed by the leaves and the efficiency which they convert radiant energy into chemical energy through photosynthesis. The aim of this study was to find the relationship between the photosynthetic active radiation intercepted by the canopy of the cultivars Alfa and Malindi and the formation of dry matter fruits. The experiment was conducted at the Experimental Farm of Universidade Federal de Mato Grosso in Santo Antônio do Leverger-MT. We established a linear regression

model to estimate the dry matter of fruits by means of the same volume, considered a non-destructive method. The relationship of photosynthetic active radiation intercepted (PAR_{int}) for the formation of dry matter was determined by linear regression between the dry fruits and PAR_{int} accumulated in both cultivars. The cultivars Alfa and Malind had rates of dry matter accumulation of $0,0402g.MJ^{-1}.m^{-2}$ e $0,0492g.MJ^{-1}.m^{-2}$, respectively.

KEYWORDS: photosynthetic active radiation, dry matter, *Mangifera indica*.

INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica*), que pertence à família *Anacardiaceae*, é amplamente cultivada em diversas regiões do mundo, sendo uma fruta tropical de expressão econômica nos mercados brasileiro e internacional. É uma fruta polposa, rica em fibras e vitamina A, que varia consideravelmente em tamanho, forma, coloração, presença de fibra, aroma e sabor (SILVA, 1996). Atualmente, o Brasil encontra-se entre os dez maiores produtores e exportadores mundiais desta fruta.

A produtividade das plantas passa a ser um grande desafio, sendo a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) um dos fatores que interfere na produtividade. Segundo KADER (2002) a qualidade do fruto não depende apenas dos processos fisiológicos, mas também da relação entre o clima e os fatores biológicos. A quantidade de radiação disponível na copa da árvore afetam os processos fisiológicos da mangueira.

A radiação chega às folhas da mangueira na forma direta, pelas clareiras e margens, e na forma difusa, por reflexão da folhagem e da superfície do solo, ou ainda como radiação transmitida pelas folhas (MONTEITH & UNSWORTH, 1990). A interceptação da radiação solar pela vegetação determina em grande parte a transpiração e a fotossíntese das coberturas vegetais.

A radiação visível, que compreende os comprimentos de onda entre 400nm e 700nm, é a fonte primária de energia na fotossíntese, chamada radiação fotossinteticamente ativa incidente (TAIZ & ZEGER, 2006). A relação entre a formação de matéria seca e a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada tem sido amplamente usada para definir a eficiência do uso da radiação pelas culturas (SIVAKUMAR & VIRMANI, 1984; COSTA et al., 1996).

O ambiente, a genética e a interação entre ambos determinam o crescimento e o rendimento da cultura. As plantas têm a capacidade de captar e converter a energia primária em compostos orgânicos. Assim, a eficiência do processo fotossintético depende das reações que ocorrem tanto na fase fotoquímica, quando a radiação fotossinteticamente ativa é utilizada para a síntese de ATP e NADH, quanto na bioquímica, quando o CO_2 é reduzido a trioses fosfato. A quantidade de PAR absorvida pelo dossel é considerada proporcional a matéria seca estimada da parte aérea da planta desde que supridas de água e nutrientes (MONTEITH, 1977).

O objetivo do presente estudo foi encontrar a relação entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a matéria seca de frutos de mangueiras das cultivares Alfa e Malind.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), no município de Santo Antônio do Leverger - MT, próximo ao perímetro urbano (latitude de 15,8°S e longitude 56,1°O e altitude de 140m), pertencente ao território da Baixada Cuiabana, com vegetação típica de cerrado e solos pouco desenvolvidos, consequência da exposição recente, com ocorrência de solos litólicos distróficos, às vezes álicos, raros eutróficos; solos concrecionários (Plintossolos) distróficos, às vezes epicascalhentos (BARROS et al., 2010).

O clima é do tipo Aw (classificação de Köppen), característico de regime tropical continental, com o período mais chuvoso estendendo-se de outubro a março, e diminuição das chuvas a partir de abril, atingindo os menores valores pluviométricos em julho e agosto (OLIVEIRA et al., 2007). Santo Antonio do Leverger e Cuiabá - MT são cidades sem disparidades geográficas e próximas entre si, sendo que Cuiabá possui médias pluviométricas de 9,6 mm em julho até atingir 193,5 mm em dezembro, de acordo com as Normais Climatológicas do Brasil de 1961-1990 (BRASIL, 1992). A temperatura média se mantém elevada o ano todo, com pequenas variações.

Os dados meteorológicos diários de pluviosidade e temperatura foram obtidos na Estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remeter - INMET, localizada próximo ao experimento.

Método

Três exemplares de mangueiras da cultivar Alfa e três da cultivar Malind foram selecionados como amostra para o estudo, que foi realizado no período de 21 de setembro a 30 de novembro de 2009. Foram marcados com etiquetas os frutos existentes em cada mangueira, para acompanhamento das medidas dos diâmetros longitudinais, ventrais e transversais, utilizando-se paquímetro analógico. Os frutos localizavam-se tanto nas partes mais sombreadas da copa como nas partes com mais incidência de radiação solar. O volume dos frutos foi estimado por meio do volume de um elipsóide: $V=(3/4).\pi.(a.b.c)$, em que *a* é o diâmetro transversal, *b* ventral e *c* longitudinal.

Dos frutos marcados no início do estudo restaram onze frutos da cultivar Alfa e sete da Malind que foram coletados maduros em 30 de novembro, e levados imediatamente para o Laboratório de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso (FAMEV/UFMT) para obtenção da matéria seca. Os frutos inteiros foram cortados em pequenos pedaços e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60°C ± 5°C (Tecnal, TC-394/2), até obtenção de massa constante. O tempo variou de 24 a 96h, de acordo com o tamanho do fruto.

Foram construídos modelos de regressão linear entre o volume e a matéria seca de frutos de diversos tamanhos colhidos no final do período de estudo. A partir destes modelos, foi estimada a matéria seca dos frutos das cultivares Alfa e Malind que foram monitorados desde o início do experimento.

No centro da área do pomar foram efetuadas um dia por semana as medidas de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), utilizando-se três sensores de PAR, de fotodiodo de silício (PPSYSTEMS, Hitchin, UK), com medidas a cada minuto. Sendo que dois sensores foram colocados sob a copa para aferir a radiação transmitida (PAR_t) e um sensor foi posicionado em cima da copa medindo a radiação incidente (PAR_{inc}). Estes sensores quânticos foram conectados a um datalogger (21 X, Campbell Sci. Inc., Logan UT, USA).

Foi estabelecido um modelo de regressão entre a PAR_{inc} - medida um dia por semana - e a radiação fotossinteticamente ativa incidente (PAR_F) - medida em uma estação micrometeorológica automática próxima ao local do experimento. O mesmo foi feito para a PAR_t . A PAR_F foi medida diariamente por um sensor quântico (LI-190, Campbell Sci, Inc., USA) e as médias calculadas a cada de 15 minutos, e armazenadas em um datalogger (21 X, Campbell Sci. Inc., Logan UT, USA). A radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PAR_{int}) foi calculada conforme a seguinte expressão: $PAR_{int} = PAR_{inc} - PAR_t$. A soma diária da PAR_{int} foi obtida por integração numérica utilizando-se o método dos trapézios.

Foi determinada a relação da radiação fotossinteticamente ativa interceptada para formação de matéria seca por meio de modelo de regressão entre a PAR_{int} acumulada e a matéria seca dos frutos para as duas cultivares.

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk), homocedasticidade e independência dos erros (Durbin-Watson).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Matéria seca

O modelo de regressão linear utilizado para estimar a matéria seca dos frutos da cultivar Alfa por meio do volume foi $y = 0,2616x + 3,9963$ ($R^2 = 0,9244$, $p = 2,3941E-6$, $\alpha = 0,05$) e da cultivar Malind foi $y = 0,2167x + 16,161$ ($R^2 = 0,9610$, $p = 1,0333E-4$, $\alpha = 0,05$).

Segundo CASTRO NETO & REINHARDT (2003), a matéria seca da manga Haden cultivada no estado de Pernambuco apresentou alto grau de correlação com o volume do fruto, sendo possível estimar a matéria seca para todo o período de desenvolvimento a partir de medidas do volume, método este não-destrutivo. Morais et al. (2004) também encontraram alto grau de correlação entre as variáveis massa seca e volume da manga Tommy Atkins no estado do Rio Grande do Norte.

Por meio dos modelos obtidos, foi estimada a partir do dia 21 de setembro a matéria seca dos frutos monitorados da cultivar Alfa que apresentavam volume dentro do intervalo de 209,3264 cm³ e 783,7645 cm³, valores mínimo e máximo dos volumes dos frutos utilizados para construção do modelo; e frutos da cultivar Malind com volume dentro do intervalo de 199,7896 cm³ e 536,0798 cm³, valores mínimo e máximo dos volumes dos frutos utilizados para construção do modelo.

A matéria seca estimada apresentou valores mínimo e máximo de 41,8523 g e 166,8317 g, respectivamente, para a cultivar Alfa. E para a cultivar Malind, matéria seca estimada mínima e máxima de 54,3864g e 130,2711 g, respectivamente.

As premissas normalidade de erros, homoscedasticidade e independência de erros, necessárias à regressão linear dos dados obtidos da matéria seca e volume, foram avaliadas. Para testar a normalidade dos resíduos, empregou-se o

teste de Shapiro-Wilk, verificando-se que estes apresentaram distribuição normal ($W = 0,9186$, $p = 0,3665$, $\alpha = 0,05$, para a cultivar Alfa e $W = 0,9386$, $p = 0,5968$, $\alpha = 0,05$, para a cultivar Malind). A homoscedasticidade, para os dois modelos, foi avaliada por meio de um gráfico de resíduos em relação à variável independente, em que os resíduos ficaram uniformemente distribuídos. A independência dos erros foi mensurada pela estatística de Durbin-Watson ($DW = 1,5341$, para a cultivar Alfa e $DW = 1,6777$, para a cultivar Malind) indicando que não existe evidência de autocorrelação positiva entre os resíduos. Assim a análise de regressão dos mínimos quadrados foi apropriada.

O teste t para a inclinação da reta de regressão dos dois modelos indicou a existência de uma relação linear significativa entre as variáveis, uma vez que a estatística t calculada foi maior que o $t_{crítico}$ ($t = 10,4928 > t_{crítico} = 1,8331$, para a cultivar Alfa e $t = 11,1023 > t_{crítico} = 2,0150$, para a cultivar Malind), rejeitando-se a hipótese nula (H_0) de não existência de relação linear. Este teste foi utilizado, pois é mais adequado para amostras pequenas.

Radiação fotossinteticamente ativa (PAR)

Por meio de uma análise de regressão entre a PAR_{inc} - medida um dia por semana - e a PAR_F medida em uma estação micrometeorológica próxima ao local do experimento, estabeleceu-se a relação $PAR_{inc} = 1,8839 PAR_F - 726,1$ ($R^2 = 0,9744$, $p = 3,0249E-38$, $\alpha = 0,05$), a qual foi utilizada para determinação da PAR_{inc} no período de 21 de setembro a 30 de novembro de 2009. O mesmo foi feito para a PAR_t obtendo-se a relação $PAR_t = 0,1155 PAR_F + 154,73$ ($R^2 = 0,9548$, $p = 2,0719E-22$, $\alpha = 0,05$). Os valores da PAR_{int} foram obtidos a partir da equação $PAR_{int} = PAR_{inc} - PAR_t$. A média da PAR_{int} no período de estudo foi $18,46544 MJ.m^{-2}$.

Relação entre a PAR_{int} e a matéria seca

Foi encontrada uma relação linear entre a matéria seca acumulada e a PAR_{int} acumulada para o período de estudo, tanto para a cultivar Alfa quanto para a Malind, com coeficientes de correlação de Pearson de $0,8406$ e $0,8739$ ($\alpha = 0,05$), respectivamente (Figuras 1 e 2). Na ausência de estresse hídrico, Shibles e Weber (1966) afirmam que a produção de biomassa é uma função linear do acúmulo da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura, na qual o coeficiente angular da curva de regressão entre a biomassa ou matéria seca e a PAR interceptada define a eficiência do uso da radiação para a formação de matéria seca. Considera-se que, em plantas saudáveis, adequadamente supridas de água e nutrientes, a fotossíntese líquida e a biomassa, que pode ser estimada a partir da matéria seca da parte aérea da planta, sejam proporcionais à quantidade de PAR incidente absorvida pelo dossel (MONTEITH, 1977).

Porém, para todo o período de desenvolvimento da manga, sugere-se que a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa não seja linear, pois o crescimento dos frutos apresenta um padrão sigmoidal, com um rápido crescimento até 12 semanas após a fertilização e um aumento mais lento e gradual até pouco antes da maturidade completa (MORAIS et al., 2004).

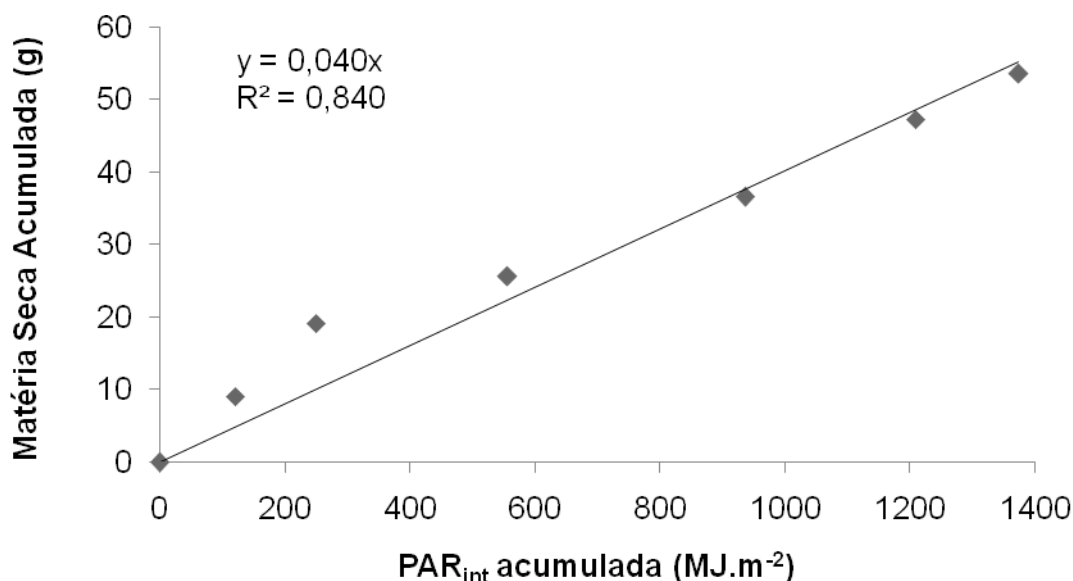


Figura 1. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada e o acúmulo de matéria seca dos frutos de mangueira da cultivar Alfa no período de 21/09/09 a 30/11/09.

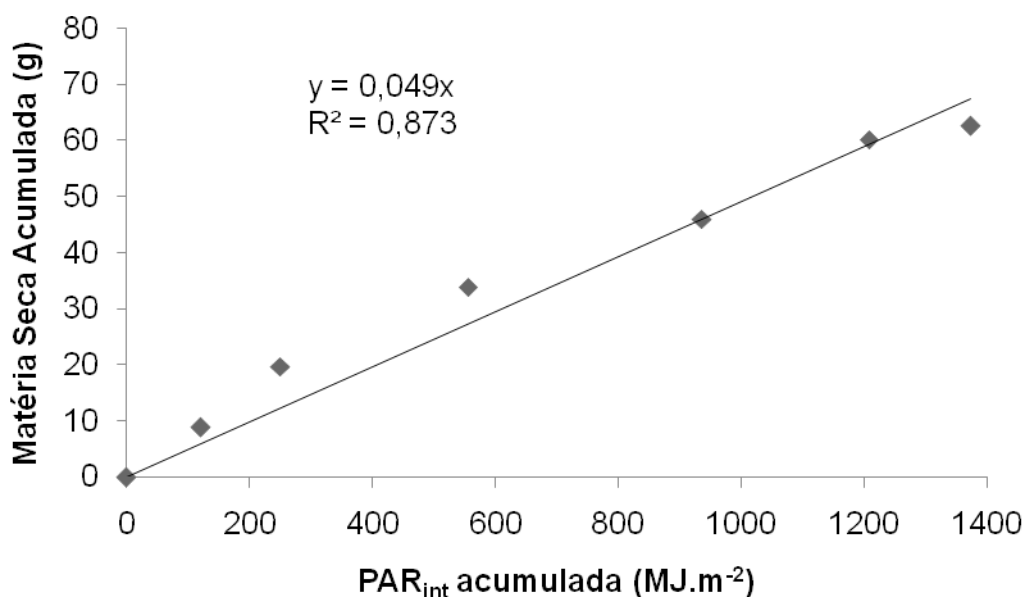


Figura 2. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada e o acúmulo de matéria seca dos frutos de mangueira da cultivar Malind no período de 21/09/09 a 30/11/09.

As cultivares Alfa e Malind apresentaram os seguintes coeficientes angulares da equação de regressão linear: 0,0402 e 0,0492, respectivamente. Estes resultados sugerem que para o período estudado os frutos das cultivares Alfa e Malind apresentam taxas de acúmulo de matéria seca de 0,0402g.MJ⁻¹.m⁻² e 0,0492g.MJ⁻¹.m⁻², respectivamente.

As temperaturas médias diárias pouco variaram nos meses de coletas de dados. No local do experimento, a precipitação variou entre os meses de agosto e novembro, porém não houve estresse hídrico, pois o pomar foi irrigado (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios mensais de radiação fotossinteticamente ativa interceptada, temperaturas do ar (máxima, mínima e média), e precipitação durante o período de experimento.

Mês	PAR _{int} (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	Temperatura (°C)			Precipitação média mensal (mm)
		Máxima	Mínima	Média	
21 a 30/set	15,4975	31,45	19,19	24,60	0,3
Outubro	21,2207	34,6	23,04	27,86	4,54
Novembro	18,6781	33,69	23,83	27,7	6,11

A normalidade de erros, homoscedasticidade e independência de erros, dos modelos obtidos entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a matéria seca foram avaliadas. O valor do teste de Shapiro-Wilk para a cultivar Alfa foi $W = 0,9714$ ($p = 0,5402$, $\alpha = 0,05$), e para Malind $W = 0,9729$ ($p = 0,8078$, $\alpha = 0,05$). A homoscedasticidade foi testada por meio do gráfico de resíduos em relação à variável independente que, para os dois modelos, não apresentou diferenças na variabilidade dos resíduos. O teste de Durbin-Watson indicou que não existe evidência de autocorrelação positiva entre os resíduos ($DW = 1,6175$ para a cultivar Alfa e $DW = 2,6820$ para a Malind).

O teste t para a inclinação da reta de regressão dos dois modelos indicou a existência de uma relação linear significativa entre as variáveis, uma vez que a estatística t calculada foi maior que o $t_{crítico}$ ($t = 12,8015 > t_{crítico} = 1,6924$, para a cultivar Alfa e $t = 9,5228 > t_{crítico} = 1,7459$, para a cultivar Malind).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o período de estudo, a relação encontrada entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada e a matéria seca, para as duas cultivares, foi linear. Sendo que os frutos de mangueira das cultivares Alfa e Malind produziram $0,0402\text{g.MJ}^{-1}.\text{m}^{-2}$ e $0,0492\text{g.MJ}^{-1}.\text{m}^{-2}$ de matéria seca, respectivamente, nas condições edafoclimáticas de Santo Antonio do Leverger. Para o período de estudo, os valores encontrados ficaram dentro do esperado, com um acúmulo de matéria seca em torno de $0,77\text{g.dia}^{-1}$ e $0,94\text{g.dia}^{-1}$ para as cultivares Alfa e Malind, respectivamente. Porém, o período de estudo não correspondeu ao período inicial de desenvolvimento dos frutos, sugerindo-se que o acúmulo de matéria seca seja maior nas primeiras semanas, pois o crescimento dos frutos apresenta um padrão sigmoidal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. P.; ZANETTI, V. B; FRAGA, C. I. M.; NINCE, P.C.C.; CAMPELO, J. H. J.; LOBO, F. A. Unidades fototérmicas e temperatura-base inferior de frutos de

Mangueira Alfa, na Baixada Cuiabana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 32, n. 2, p. 479-485, 2010.

BRASIL. (1992). Departamento Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas**. Brasília.

CASTRO NETO, M. T.; REINHARDT, D. H. Relações entre parâmetros de crescimento do fruto da manga cv. Haden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 25, n. 1, p. 36-38, 2003.

COSTA, L. C.; MORISON, J. I. L.; DENNETT, M. D. Carbon balance of growing faba bean and its effect on crop growth: experimental and modeling approaches. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, p. 11-17, 1996.

KADER, A. A. Fruits in the global market. In: KNE E, M. **Fruit quality and its biological basic**. Columbus: Sheffield Academic, p. 1-14, 2002.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production in Britian. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, London, v. 281B, p. 227-294, 1977.

MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2ª. ed. London: Edward Arnold, 1990.

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E. Correlação entre variáveis de crescimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciências Agrotec**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 743-747, 2004.

OLIVEIRA, A. S.; GAIO, D. C, RODRIGUE; WYREPKOWSK, C. C.; CAMPELO, J. H.; LOBO F. A.; NOGUEIRA, J.S.; SANCHES, L.; PALÚ, A. E. R.; RODRIGUE, V. Eficiência de utilização da radiação fotossinteticamente ativa na produção de matéria seca de uma pastagem mista no cerrado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 299-303, 2007.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R.. Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybeans planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 55-59, 1966.

SILVA, A. C. Botânica da Mangueira. In: JOSÉ, A. R. S. **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, p. 7-15, 1996.

SIVAKUMAR, M. V. K.; VIRMANI, S. M.; Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 31, p. 131-141, 1984.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad: SANTARÉM, E. R. 3ª. ed., Porto Alegre: Artmed, 2006.