

ISSN 0104-1347

# Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para a produção de fitomassa<sup>1</sup>

## Efficiency in conversion of photosynthetically active radiation intercepted by soybean to biomass production

Edgar Ricardo Schöffel<sup>2</sup> e Clovis Alberto Volpe<sup>3</sup>

**Resumo** – Com o objetivo de avaliar a relação entre a produção de fitomassa com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PARi) pela cultura da soja, foi desenvolvido um experimento na região canavieira de Jaboticabal, SP. Foram realizadas sete épocas de semeadura, a partir de setembro até dezembro de 1998, em condições irrigadas, de três cultivares de soja: 'IAC 20', 'IAC 8-2' e 'Dourados'. A estimativa da PARi foi baseada na lei de Beer e a eficiência de conversão ( $\mathbf{a}$ ) foi obtida pelo ajuste dos dados de PARi em produção de fitomassa da parte aérea (MS) através da análise de regressão. O índice de área foliar (IAF) crítico de 3,9 foi atingido, para as três cultivares, nas primeiras seis épocas de cultivo, com exceção da época 6 (03/12) da 'IAC 20'. A MS aumentou de forma linear com o acúmulo de PARi, mostrando padrão de resposta dependente da cultivar e da época de cultivo. Os valores de  $\mathbf{a}$  foram menores durante o subperíodo vegetativo em comparação com o subperíodo reprodutivo e a 'IAC 20' foi a cultivar menos eficiente nessa conversão. Para os primeiros 100 dias após a emergência o  $\mathbf{a}$  foi de: 1,30g MJ<sup>-1</sup> para a 'Dourados', de 1,27g MJ<sup>-1</sup> para a 'IAC 8-2' e de 1,13g MJ<sup>-1</sup> para a 'IAC 20', e em média os maiores valores de  $\mathbf{a}$  foram obtidos nas épocas 3 (23/10), 4 (06/11) e 5 (19/11). A produtividade de grãos das três cultivares não mostrou correlação com  $\mathbf{a}$ .

**Palavras-chave:** fitomassa, cultivares, época de cultivo, radiação fotossinteticamente ativa.

**Abstract** – Aiming to evaluate the relation between biomass production with photosynthetically active radiation intercepted (PARi) by the soybean culture, it was developed a experiency in the cane region of Jaboticabal, SP, Brazil. Three soybean cultivars ('IAC 20', 'IAC8-2' and 'Dourados') were used in seven crop season, from September/1998 to December/1998 under irrigated condition. The estimation of PARi was based in Beer's law and the efficiency of the conversion ( $\mathbf{a}$ ) was taking by PARi data adjusts to dry matter (MS) through regression analysis. The critical leaf area index (IAF) of 3.9 was riched for the three cultivars in the first six seasons of planting, except for season 6 (03/12) of 'IAC 20'. The MS increases straightly with the accumulation of PARi, showing a dependent standard of answer from the soybean cultivars and season. The values of  $\mathbf{a}$  were less during the vegetative subperiod than the reproductive subperiod and the 'IAC 20' was the cultivar less efficient in this conversion. To the first 100 days after the emergency the  $\mathbf{a}$  was 1.30g MJ<sup>-1</sup> to 'Dourados', 1.27g MJ<sup>-1</sup> to 'IAC 8-2' and 1.13g MJ<sup>-1</sup> to 'IAC 20', and an average the biggest values of  $\mathbf{a}$  were taking in season 3 (23/10), 4 (06/11) and 5 (19/11). The seed yield of the three cultivars of soybean did not show corelation with  $\mathbf{a}$ .

**Key words:** dry matter, cultivars, sowing date, radiation PAR.

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor defendida junto ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da FCAV/UNESP. Trabalho financiado pela FAPESP.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP. Bolsista de pós-doutorado da FAPESP, 14884-900, Jaboticabal (SP). E-mail: [schoffel@fcav.unesp.br](mailto:schoffel@fcav.unesp.br)

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP. 14884-900, Jaboticabal (SP)

## Introdução

A introdução da soja em área de reforma de canavial é uma alternativa viável em função das características dessa espécie que permitem o seu cultivo em áreas de fertilidade variada a qualquer época do ano, na região dos trópicos, dada a grande disponibilidade de cultivares existentes. Além disso, a facilidade com o manejo da lavoura de soja, que é mecanizada da sementeira à colheita, possibilita o seu avanço em áreas antes cultivadas com o amendoim e, ainda, o relativo baixo custo da produção torna-a mais atraente para o produtor quando comparada com a lavoura de algodão, por exemplo. Neste contexto, a avaliação do desempenho do potencial produtivo de cultivares de soja nestas áreas é de grande relevância.

A modelagem da eficiência pela qual a radiação solar incidente é utilizada no acúmulo de fitomassa é bastante consistente para modelos potenciais, conforme sustentam MÜLLER et al. (2001). Segundo esses autores, é apropriado que as análises de crescimento de plantas sejam baseadas na avaliação da eficiência pela qual a radiação incidente é utilizada no acúmulo de fitomassa, pois sabe-se que os vegetais autotróficos, assim como todos os organismos vivos, são sistemas termodinamicamente abertos e, por isso, necessitam de energia solar para o seu funcionamento.

A eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) está diretamente relacionada ao IAF da cultura (SHIBLES & WEBER, 1965) e ao coeficiente de extinção (k) característico da espécie. Estes fatores influem na taxa de desenvolvimento da área foliar, na duração da área foliar, e no potencial de produção da fitomassa (MAYERS et al., 1991a,b). Na ausência de estresse, SHIBLES & WEBER (1966) afirmam que a produção de fitomassa é uma função linear do acúmulo da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura (PAR<sub>i</sub>), onde o coeficiente angular da curva de regressão entre a fitomassa, ou massa seca (MS), e a PAR define a eficiência de uso da radiação para a produção de fitomassa.

De acordo com FRANÇA et al. (1999), freqüentemente a eficiência de utilização da radiação é uma constante para a cultura em ambiente sem restrição hídrica, mas pode ser afetada por outros fatores ambientais. Para cultivos em estufa plástica a eficiência de conversão da PAR em fitomassa foi, em média para o ciclo, de 2,31g MJ<sup>-1</sup> para o melão

(CARON et al., 2001), de 2,50g MJ<sup>-1</sup> para o tomate (HEUVELINK, 1995), enquanto que em condições de campo essa taxa foi de 2,46g MJ<sup>-1</sup> para o girasol (BARNI et al. 1995), de 2,60g MJ<sup>-1</sup> para o milho (FRANÇA et al., 1999), e para o arroz foi de 1,86g MJ<sup>-1</sup> (STEINMETZ & SIQUEIRA, 1995) a 1,73g MJ<sup>-1</sup> (STEINMETZ & SIQUEIRA, 2001).

No entanto, para STEINMETZ & SIQUEIRA (1995) a eficiência de conversão de PAR em fitomassa não é constante e sim variável durante o ciclo da planta. Esta hipótese foi avaliada por STEINMETZ & SIQUEIRA (2001) os quais verificaram que a eficiência variou entre as variedades e com as fases de desenvolvimento do arroz irrigado tendo atingido os valores mais altos entre a diferenciação do primórdio floral e a floração. Considerando que a eficiência de conversão pode variar entre os subperíodos do desenvolvimento da cultura, MÜLLER et al. (2001) verificaram que, para o milho, esta foi de 1,71g MJ<sup>-1</sup>, para a emergência até a nona folha expandida, e de 3,58g MJ<sup>-1</sup>, para o final do subperíodo vegetativo até o enchimento de grãos.

A produtividade de grãos de soja pode ser analisada, também, em termos de eficiência de interceptação e de conversão para fitomassa da radiação fotossinteticamente ativa (MAYERS et al., 1991a). MUCHOW (1985) relata que para os primeiros 42 dias do subperíodo vegetativo, a eficiência de conversão de PAR em fitomassa de duas cultivares de soja foi de 1,20 e 1,32g MJ<sup>-1</sup>. A quantidade de fitomassa da parte aérea acumulada da emergência até o início da floração e durante a floração da soja, obtida no estudo de MAYERS et al. (1991a), na Austrália, durante a estação seca do ano, foi significativamente linear com o acúmulo da PAR<sub>i</sub>, para as dez cultivares de soja estudadas, e que em média a eficiência de conversão foi de 1,15g MJ<sup>-1</sup>; porém, a dispersão dos dados à linearidade foi grande durante a fase de floração.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de conversão da energia interceptada para a produção de fitomassa e a relação desta com a produtividade de grãos, para as cultivares crescendo sem restrições hídricas.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido durante os meses de setembro de 1998 a abril de 1999, em área

localizada na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), cujas as coordenadas geográficas são: 21° 15' 22"S, 48° 18' 58" W e altitude média de 595m. Para o período de 1972 a 1997, registrou-se temperatura do ar média anual de 22,3°C, umidade relativa do ar média anual de 71,1% e chuva média anual de 1.460mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Roxo eutrófico A moderado, com textura argilosa.

O delineamento experimental utilizado foi o blocos casualizados com parcelas subdivididas e faixas para os dois fatores (cultivar x época de semeadura), com três repetições. Cada subparcela mediu 6,0m de comprimento por 4,0 m de largura, contendo 10 linhas de cultivo espaçadas a 0,40m, com população final de aproximadamente 400.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

As cultivares de soja foram escolhidas considerando as recomendações técnicas de cultivares para o Estado de São Paulo (EMBRAPA, 1998) e, ainda, a resistência às principais doenças da espécie, como o cancro-da-haste e o nematóide de galha. Assim, as cultivares estudadas, de hábito de crescimento determinado, foram a 'Dourados' e a 'IAC 8-2', ambos de ciclo de maturação médio, e a 'IAC 20', de ciclo de maturação precoce. As semeaduras foram realizadas em sete épocas, em área irrigada por meio de aspersores. As datas das semeaduras foram: época 1 (25/09/1998); época 2 (09/10/1998); época 3 (23/10/1998); época 4 (06/11/1998); época 5 (19/11/1998); época 6 (03/12/1998) e época 7 (17/12/1998). A área experimental foi irrigada por um sistema de aspersão fixo, em que a aplicação da lâmina de água foi realizada com base no manejo climatológico da irrigação (VILLA NOVA & SCARDUA, 1984).

As amostragens para a determinação da área foliar e da fitomassa total da parte aérea foram realizadas a intervalos de 14 dias, aproximadamente, com a coleta das plantas contidas em 0,16m<sup>2</sup> de terreno (0,40m x 0,40m), de cada subparcela experimental. Para a medição de área foliar dessas plantas (em torno de 6 plantas/subparcela e, conseqüentemente, totalizando 18 plantas/tratamento), foram separados os folíolos e estes medidos por um planímetro ótico modelo LI 3000A. Em seguida, reunidos por repetição (subparcela experimental), esses folíolos e o restante da parte aérea (caule, pecíolo, legumes e grãos) foram colocados em estufa de circulação de ar forçada, à temperatura de 70°C, até atingir massa constan-

te para, então, ser determinada a fitomassa total. Os dados de área foliar e de fitomassa total, representativos de 0,16m<sup>2</sup>, foram convertidos para valores correspondentes à área de 1,0m<sup>2</sup> de terreno, equiivalendo, então, ao índice de área foliar (IAF) e a fitomassa da parte aérea (MS), respectivamente.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi estimada através da equação:

$$PAR = 0,4435 R_s \quad (1)$$

com R<sup>2</sup> = 0,9968, obtida nesse local, em período anterior à condução do experimento, através de análise de regressão entre a PAR medida, em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, e a radiação solar global (R<sub>s</sub>), obtida em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, para a época do ano em que a declinação solar é negativa.

A radiação solar global (R<sub>s</sub>) foi medida pelo piranômetro modelo CM6B da Kippen & Zonen, ligado a um sistema de aquisição de dados programado para registrar medição a cada segundo, e para armazenar a R<sub>s</sub> acumulada a cada 10 minutos.

A PAR diária interceptada pela vegetação foi estimada baseada na equação da lei de Beer, através da expressão:

$$PAR_i = PAR [1 - \exp(-k IAF)] \quad (2)$$

em que PAR<sub>i</sub>, em MJ m<sup>-2</sup>, é a radiação fotossinteticamente ativa diária interceptada pela vegetação, e k é o coeficiente de extinção, adimensional, considerado igual a 0,77 para as três cultivares, dada a semelhança na arquitetura das plantas. Este valor foi obtido por MAYERS et al. (1991a), também com o emprego da lei de Beer, para a cultivar de soja UFV 72-1. O IAF diário foi obtido, para cada cultivar e época de semeadura, através de equações ajustadas por análise de regressão entre o IAF medido e a data da amostragem em relação à emergência.

Para avaliar a eficiência de conversão de energia para a produção de fitomassa foram relacionados os acúmulos de MS amostrados em cada subperíodo do ciclo com os respectivos acúmulos de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura (PAR<sub>i</sub>).

Para justificar a existência da correspondência funcional entre os pares de dados fez-se a aplicação da análise de regressão, com a utilização de gráficos de dispersão dos dados e de planilhas eletrônicas, selecionando as equações de regressão com os maiores coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>). As análises de correlações foram efetuadas com o auxílio do "software" STATISTICA, versão 5.0, da Statsoft.

## Resultados e discussão

Nas três cultivares o IAF foi crescente até um ponto de máxima, variável à cada época de cultivo correspondendo a valores também variáveis de PARi acumulada para, então, decrescer devido a senescência das folhas (Figura 1). Por consequência, as melhores curvas de ajuste aos dados dessa relação foram obtidos por equações quadráticas.

É importante destacar que, de modo geral, os valores de IAFs registrados foram altos e que apenas nas épocas 6 (03/12) e 7 (17/12) da 'IAC 20', e na época 7 da 'Dourados' e da 'IAC 8-2' o IAF não atingiu o valor crítico de 3,9 para interceptar 95% da PAR incidente com um coeficiente de extinção de 0,77, indicando que o IAF desenvolvido pelas cultivares foi superior ao IAF crítico, na maioria das épocas estudadas. Verifica-se, ainda, na Figura 1, que houve ampla variação na taxa de acréscimo do IAF em função da PARi; no entanto, as diferenças de IAF das cultivares com relação à época de semeadura podem ser atribuídas ao simples reflexo da duração do subperíodo vegetativo proporcionado em cada época de semeadura, como sugerem MAYERS et al. (1991a).

Os valores mais elevados de fitomassa (MS) obtidos foram de 1092g m<sup>-2</sup> com a 'IAC 20' (época 5, 19/11), de 1747g m<sup>-2</sup> com a 'Dourados' (época 4, 06/11) e de 1559g m<sup>-2</sup> com a 'IAC 8-2' (época 4). Esses maiores acúmulos de MS para as semeaduras realizadas no mês de novembro são consequência, principalmente, da grande disponibilidade de energia solar no ambiente durante o subperíodo vegetativo das plantas, além das condições fotoperiódica, térmica e hídrica favoráveis, apresentadas durante o ciclo fenológico.

A MS das três cultivares de soja apresentou relação linear positiva com a PARi acumulada, com padrão de resposta dependente da cultivar e da época de cultivo. Assim, a relação foi ajustada a modelos em que a linha de tendência passa pela origem, originando apenas o coeficiente angular ( $\alpha$ ) que corresponde ao fator de conversão dos dados, ou seja, a eficiência de conversão da PARi em MS. Os coeficientes  $\alpha$  para o subperíodo vegetativo e parte do subperíodo reprodutivo (até aproximadamente 100 dias após a emergência) para as diferentes combinações de cultivar e época de semeadura, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

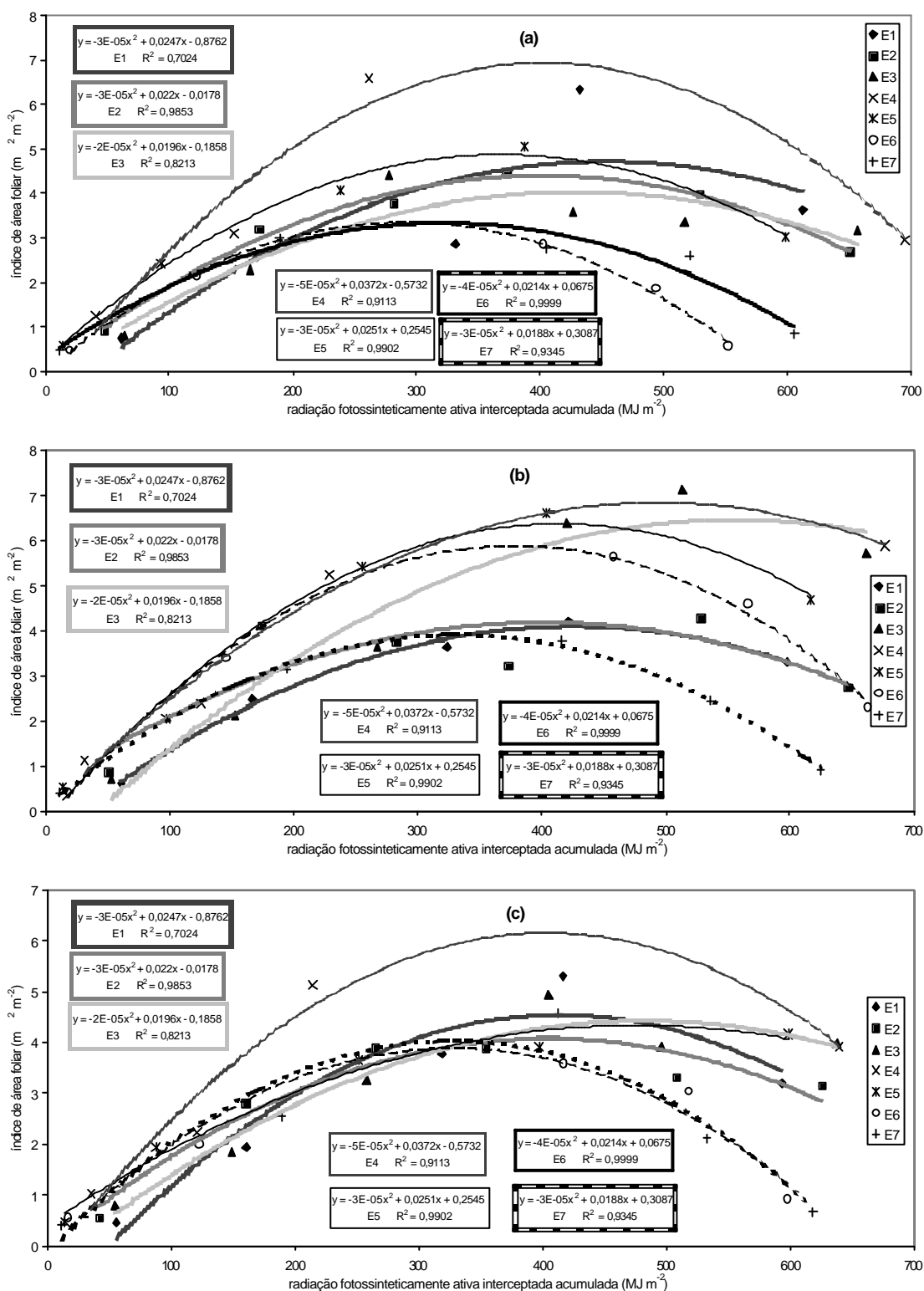
Analisando o fator cultivar dentro de cada época de semeadura, tanto na Tabela 1 quanto na Tabela

2, percebe-se que embora cada cultivar tenha apresentado diferentes taxas de conversão, as três cultivares apresentaram a mesma tendência de acréscimo ou de decréscimo. Para o subperíodo vegetativo (Tabela 1) observa-se, ainda, que a média dos valores de  $\alpha$  de cada cultivar foram semelhantes e que, em média, para o fator época,  $\alpha$  foi variável, com valores que oscilaram de época para época. Para o subperíodo reprodutivo (Tabela 2) destaca-se que, para a maioria das épocas, os valores  $\alpha$  foram maiores para a 'Dourados' seguida pela 'IAC 8-2' e esta pela 'IAC 20'.

De modo geral, os valores  $\alpha$  foram maiores durante o subperíodo reprodutivo quando comparados com os respectivos valores obtidos para o subperíodo vegetativo (Tabelas 1 e 2). Isso está de acordo com CÂMARA & HEIFFIG (2000) os quais afirmam que o acúmulo de fitomassa acentua-se a partir da expansão do quinto trifólio, intensifica-se durante final do subperíodo vegetativo, mantendo-se elevado até o início do enchimento de grãos (R5), quando acentua-se a translocação de fitomassa dos órgãos vegetativos para os reprodutivos.

Os valores de  $\alpha$  apresentados na Tabela 1 são próximos aos valores de 1,20 e 1,32g MJ<sup>-1</sup> relatados por MUCHOW (1985) para os primeiros 42 dias após a emergência de duas cultivares de soja. Avaliando dez cultivares de soja, MAYERS et al. (1991a) concluíram que, em média, a eficiência de conversão de PARi em MS, entre a emergência e o início da floração, foi de 1,07g MJ<sup>-1</sup>; já para o intervalo entre o início da floração até o final da floração foi de 1,26g MJ<sup>-1</sup>, enquanto que quando foi considerado desde a emergência até o final da floração essa eficiência foi de 1,15g MJ<sup>-1</sup>; porém, destacam os autores, que houve grande dispersão dos pontos em relação à curva ajustada.

Da mesma forma, os valores de  $\alpha$  para os primeiros 100 dias após a emergência, quando as plantas se encontravam no estágio de enchimento de grãos (R5), são mostrados na Tabela 3. Observa-se que as cultivares apresentaram altos e diferentes potenciais para converter a PARi em fitomassa, onde os valores mínimos foram obtidos na época 1 (25/09) para a 'IAC 8-2' (1,08g MJ<sup>-1</sup>) e na época 2 (09/10) para a 'IAC 20' (0,96g MJ<sup>-1</sup>) e a 'Dourados' (0,97g MJ<sup>-1</sup>), com reduções de 25,0%; 40,4% e 25,5%, respectivamente, em relação aos valores máximos obtidos nas épocas 4 (06/11) e 5 (19/11) para a 'IAC 20', épocas 3 (23/10) e 4 para a 'Dourados', e época 5 para a 'IAC 8-2'. Assim, observa-se que  $\alpha$  atingiu os maiores va-



**Figura 1** Relação entre o índice de área foliar da soja e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada até o início do estágio R5, para a 'IAC 20' (a), a cultivar 'Dourados' (b) e a 'IAC 8-2' (c), em sete épocas de semeadura (E). Jaboticabal, SP, 1998/99.

**Tabela 1.** Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) interceptada (PARi) em fitomassa da parte aérea (MS),  $\alpha$ , de três cultivares de soja, para o subperíodo vegetativo. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Época de semeadura	IAC 20	Dourados	IAC 8-2	Média
E1 (25/09)	0,98	1,05	0,97	1,00
E2 (09/10)	0,97	1,30	1,13	1,13
E3 (23/10)	0,75	0,80	0,77	0,77
E4 (06/11)	1,12	1,23	1,19	1,18
E5 (19/11)	1,23	1,11	1,28	1,21
E6 (03/12)	0,95	0,97	1,21	1,04
E7 (17/12)	0,80	0,87	0,74	0,80
Média	0,97	1,05	1,04	1,02

lores nas épocas 3, 4 e 5; e que, em média, para as ~~sete épocas de semeadura~~  $\alpha$  foi de  $1,13 \text{ g MJ}^{-1}$  para a 'IAC 20';  $1,30 \text{ g MJ}^{-1}$  para a 'Dourados' e de  $1,27 \text{ g MJ}^{-1}$  para a 'IAC 8-2', valores esses muito próximos daqueles registrados nos trabalhos desenvolvidos por MUCHOW (1985) e MAYERS et al. (1991a,b).

As curvas da Figura 2 (a, b e c) demonstram a relação linear positiva existente entre a MS da parte aérea da planta e o acúmulo de PARi para os primeiros 100 dias após a emergência. Individualmente, as cultivares apresentaram padrão de resposta de acréscimo de MS em função do acréscimo de PARi, dependente da época de cultivo. Essas alterações na relação MS x PARi podem ser conseqüências das diferenças na interceptação da PAR, devido às diferenças na duração do ciclo fenológico e no desenvolvimento da área foliar das diferentes combinações de cultivar x época de semeadura, uma vez que, a quantidade de MS produzida é uma função da radiação solar interceptada. Por isso, ao aumentar o IAF aumenta-se a superfície de absorção da radiação incidente até um ponto crítico. Para MAYERS et al.

(1991a,b), as diferenças no acúmulo de PARi pela combinação genótipo x época de cultivo, são devido às diferenças na irradiância diária e, principalmente, devido às diferenças na duração do crescimento vegetativo.

A produtividade média da cultivar 'IAC 20' foi de  $2075 \text{ kg ha}^{-1}$ , da 'IAC 8-2' foi de  $3310 \text{ kg ha}^{-1}$ , e da 'Dourados' foi de  $4810 \text{ kg ha}^{-1}$ . As menores produtividades da 'IAC 20' foram obtidas nas épocas 1 (25/09) e 2 (09/10), enquanto que da 'Dourados' e da 'IAC 8-2' os menores valores foram observados na época 1. Em contrapartida, as maiores produtividades foram verificadas nas épocas 5 (19/11) e 6 (03/12) para a 'IAC 20' e nas épocas 4 (06/11) e 5 para a 'Dourados' e a 'IAC 8-2'. Dessa forma, verifica-se que nas épocas em que foram determinados os menores e os maiores valores de  $\alpha$ , para cada cultivar, foram observadas, também respectivamente, as menores e as maiores produtividades de grãos das cultivares, sugerindo que nas épocas mais eficientes na conversão de PARi em MS podem ser encontradas as maiores produtividades dessas cultivares.

**Tabela 2.** Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) interceptada (PARi) em fitomassa da parte aérea (MS),  $\alpha$ , de três cultivares de soja, para parte do subperíodo reprodutivo. Jaboticabal, SP, 1998/99.

Época de semeadura	IAC 20	Dourados	IAC 8-2	Média
E1 (25/09)	1,18	0,96	1,06	1,07
E2 (09/10)	0,87	0,78	1,12	0,92
E3 (23/10)	1,47	2,09	1,60	1,72
E4 (06/11)	1,29	1,78	---*	1,53
E5 (19/11)	1,32	1,80	1,75	1,62
E6 (03/12)	1,20	1,35	1,40	1,31
E7 (17/12)	1,69	1,84	1,51	1,68
Média	1,29	1,51	1,41	1,40

\* Amostras descartadas.

**Tabela 3.** Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{g MJ}^{-1}$ ) interceptada (PARI) em fitomassa da parte aérea (MS),  $\alpha$ , de três cultivares de soja. Jaboticabal, SP, 1998/99.

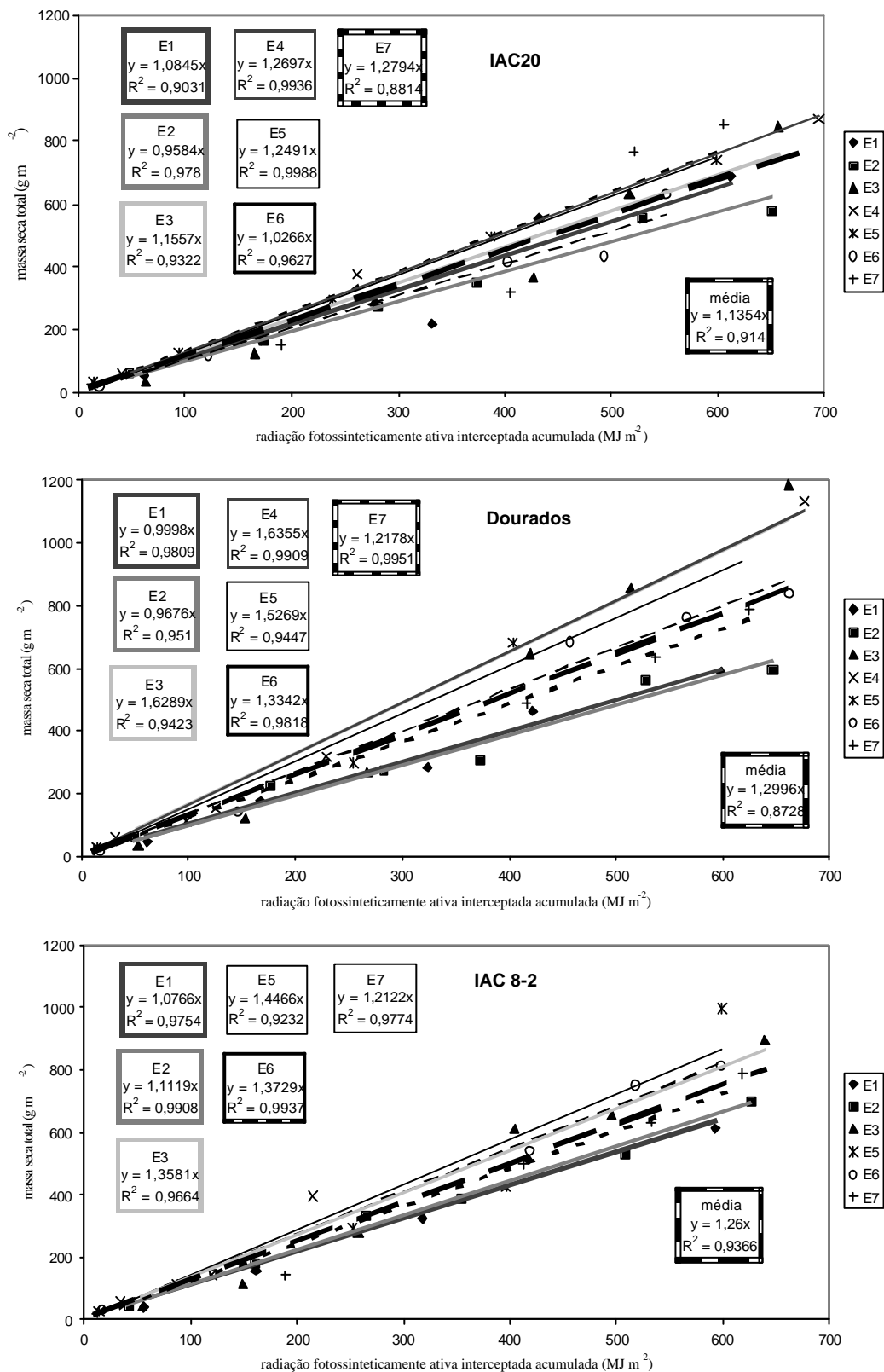
Época de semeadura	IAC 20	Dourados	IAC 8-2	Média
E1 (25/09)	1,08	1,00	1,08	1,05
E2 (09/10)	0,96	0,97	1,11	1,01
E3 (23/10)	1,16	1,63	1,36	1,38
E4 (06/11)	1,27	1,63	---*	1,45
E5 (19/11)	1,25	1,53	1,45	1,41
E6 (03/12)	1,03	1,33	1,37	1,24
E7 (17/12)	1,28	1,22	1,21	1,24
Média	1,13	1,30	1,27	1,23

\* Amostras descartadas.

Considerando essa hipótese avaliou-se a relação entre a produtividade de grãos de cada cultivar e o correspondente valor  $\alpha$ . No entanto, como pode ser visualizado na Figura 3, os resultados dessa relação não são esclarecedores, mas indicam que a máxima produtividade de grãos de soja não está necessariamente associada com a eficiência de conversão da PARI em MS. Para melhor entendimento desses resultados deve ser considerado que aumentos na PARI provocaram aumentos lineares na produção de MS, enquanto que, esses aumentos de MS provocaram alterações na produtividade de forma não linear, indicando que o potencial para a produção de MS a partir do acúmulo de PARI, não foi similar para a produção de grãos. Isso reforça as indicações de WEBER et al. (1966), LAWN & BYTH (1974) e MAYERS et al. (1991a,b), de que a máxima produtividade de grãos não está necessariamente associada com a produção máxima de matéria seca.

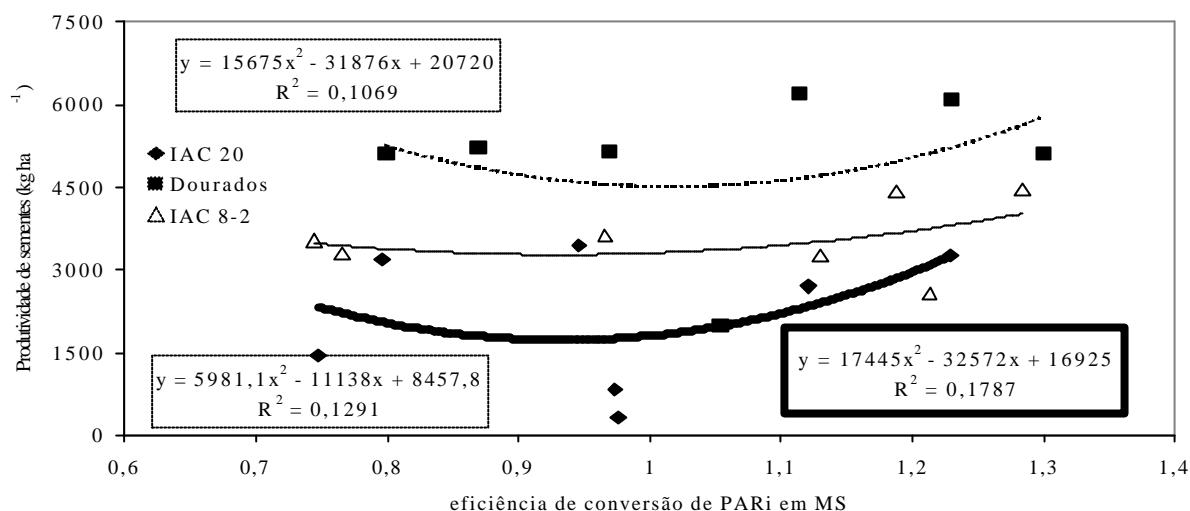
#### Referências bibliográficas

- BARNI, N.A., BERLATO, M.A., BERGAMASCHI, H. et al. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura. II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 201-216, 1995.
- CÂMARA, G.M.S., HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (Coord.) **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba : ESALQ/LPV, 2000. p. 81-119.
- CARON, B.O., SCHMIDT, D., HELDWEIN et al. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, **Anais...**, Fortaleza : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001, p. 531-532.
- EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil (1998/1999)**. Londrina : EMBRAPA/CNPSo, 1998. 182 p. (Documentos, 120).
- FRANÇA, S., BERGAMASCHI, H., ROSA, L.M.G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59-66, 1999.
- HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 61, n. 1-2, p. 77-99, 1995.
- LAWN R.J., BYTH, D.E. Response of soybeans to planting date in South-Eastern Queensland. II. vegetative and reproductive development. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 25, n. 5, p. 723-737, 1974.
- MAYERS, J.D., LAWN, R.J., BYTH, D.E. Agronomic studies on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in the dry seasons of the tropics. I. Limits to yield imposed by phenology. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 42, n. 7, p. 1075-1092, 1991a.
- MAYERS, J.D., LAWN, R.J., BYTH, D.E. Agronomic studies on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in the dry seasons of the tropics. II. Interaction of sowing date and sowing density. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 42, n. 7, p. 1093-1107, 1991b.
- MUCHOW, R.C. An analysis of the effects of water deficits on grains legumes grown in a semi-arid tropical environment in terms of radiation interception and its use. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 11, n. 4, p. 309-323, 1985.



**Figura 2.** Relação entre a fitomassa total da soja e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada até o início do estágio R5, para a cultivar ‘IAC 20’ (a), a ‘Dourados’ (b) e a ‘IAC 8-2’ (c), em sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.





**Figura 3.** Relação entre a produtividade de grãos das cultivares de soja e a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PARi) em fitomassa (MS), até o início do estágio R5, em sete épocas de semeadura. Jaboticabal, SP, 1998/99.

MÜLLER, A.G., BERGAMASCHI, H., SILVA, M.I.G.

Eficiências de interceptação, absorção e de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, **Anais...**, Fortaleza : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 565-566.

SHIBLES, R.M., WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 6, p. 575-577, 1965.

SHIBLES, R.M., WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 55-59, 1966.

STEINMETZ, S., SIQUEIRA, O.J.W. Eficiência de conversão em biomassa da radiação solar interceptada pela cultura do arroz irrigado submetida a níveis diferenciados de adubação nitrogenada. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., 1995. Campina Grande, PB, **Anais...**, Campina Grande : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 96-98.

STEINMETZ, S., SIQUEIRA, O.J.W. Eficiência de conversão em biomassa da radiação solar interceptada nas distintas fases do ciclo de três tipos de planta de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, **Anais...**, Fortaleza : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001, p. 691-692.

VILLA NOVA, N.A., SCARDUA, R. **O uso do método climatológico na determinação de irrigação**. Campinas : SBA, 1984. 20 p. (Boletim Técnico, 2).

WEBER, C.R., SHIBLES, R.M., BYTH, D.E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 99-102, 1966.