

## EFICIÊNCIA DE USO DA RADIAÇÃO E PROPRIEDADES ÓTICAS DA CULTURA DO AMENDOIM<sup>1</sup>

Hildeu Ferreira da Assunção<sup>2</sup>, João Francisco Escobedo<sup>3</sup>,  
Marco Aurélio Carbone Carneiro<sup>2</sup>

### ABSTRACT

#### RADIATION USE EFFICIENCY AND OPTICAL PROPERTIES OF THE PEANUT CROP

An experiment was conducted with peanut (*Arachis hypogaea* L.), cv. IAC-TATU-ST, in Botucatu, São Paulo State, Brazil; in the period from 11 February through 03 June 2001. In all plant development stages, the photosynthetically active radiation (PAR), the incident PAR, the reflected PAR, and the transmitted PAR were monitored, as well as the growth and the weekly phytomass production and the accumulated chemical energy in the roots, stems, leaves, fruits and seeds. The objective of the study was to determine the radiation extinction coefficient ( $k$ ), the radiation use efficiency (RUE), the radiation conversion efficiency (RCE), and the crop harvest index (HI). The results showed that  $k$  has been equal to 0.66. Peanuts, at the final stage, intercepted 628 MJ m<sup>-2</sup> and absorbed 592 MJ m<sup>-2</sup> of the PAR, accumulating 803 g m<sup>-2</sup> of dry matter and storing 14.8 MJ m<sup>-2</sup> of chemical energy with RUE equal to 1.28 g MJ<sup>-1</sup> and RCE equal to 2.5%. The observed yield was 4.4 t ha<sup>-1</sup> of peanut in pods, corresponding to 3.3 t ha<sup>-1</sup> of peanut seeds. The HI was equal to 0.58 MJ MJ<sup>-1</sup>, in energy basis, and 0.41 g g<sup>-1</sup> in dry matter basis.

KEY-WORDS: Growth analysis; leaf area index; light interception.

### RESUMO

Um ensaio com amendoim (*Arachis hypogaea* L.), cv. IAC-Tatu-ST, foi conduzido em Botucatu, SP, durante o período de 11 de fevereiro a 03 de junho de 2001. Em todas as fases de crescimento das plantas, foram monitoradas a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) incidente, refletida e transmitida, bem como o crescimento e a produção semanal da fitomassa, além da energia química acumulada nas raízes, hastes, folhas, frutos e sementes. O objetivo foi determinar o coeficiente de extinção da luz ( $k$ ), a eficiência de uso da radiação (RUE), a eficiência de conversão da radiação (RCE) e o Índice de colheita (HI) da cultura. Os resultados mostraram que o coeficiente de extinção da luz da cultura do amendoim é de 0,66. No final do ciclo, a cultura interceptou 628 MJ m<sup>-2</sup> e absorveu 592 MJ m<sup>-2</sup> de PAR. Nesta fase, a cultura acumulou 803 g m<sup>-2</sup> de massa seca, em fitomassa, e armazenou 14,8 MJ m<sup>-2</sup> de energia química. Assim, RUE atingiu um valor de 1,28 g MJ<sup>-1</sup> e RCE, o de 2,5%. A produtividade obtida foi de 4,4 t ha<sup>-1</sup> de amendoim em casca, equivalendo a 3,3 t ha<sup>-1</sup> de grãos. O índice de colheita (HI) alcançado pela cultura é de 0,58 MJ MJ<sup>-1</sup>, em base de energia, e 0,41 g g<sup>-1</sup>, em base de massa seca.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de crescimento; índice de área foliar; interceptação da luz.

### INTRODUÇÃO

Atualmente, com a intensificação dos alertas sobre o aquecimento global, muitos países vêm buscando alternativas para reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, restringindo o abuso de combustíveis fósseis. Uma alternativa ecologicamente viável é a substituição do combustível fóssil pelo biocombustível produzido a partir de açúcares ou óleos vegetais, sintetizados nas plantas pelo processo da fotossíntese.

A viabilidade de produção de um biocombustível é analisada em função do balanço energético, envolvendo desde a disponibilidade de energia solar

para as plantas, até os processos físicos e sócio-energéticos gastos na produção industrial. Dentro dessa temática, há poucos estudos sobre a eficiência de uso da radiação solar na síntese de energia química pelas plantas oleaginosas potencialmente produtoras de biodiesel, tais como amendoim, gergelim, girassol, mamona e soja, entre outras.

Dentre as oleaginosas, destaca-se o amendoim (*Arachis hypogaea* L.), leguminosa originária das Américas Central e do Sul, cultivada nas regiões de clima tropical, subtropical e temperado quente (mesotérmico). O ciclo desta planta varia de 90 a 115 dias, para as variedades precoces, e de 120 a

1. Trabalho recebido em abr./2007 e aceito para publicação em set./2008 (n° registro: PAT 3307).

2. Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, GO. E-mails: hildeu@yahoo.com.br; carbonearneiro@yahoo.com.br.

3. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) / Campus de Botucatu, Depto. de Recursos Naturais. Caixa Postal 237, CEP 18610-970 Botucatu, SP. E-mail: escobedo@fca.unesp.br.

140 dias, para as variedades tardias. Suas necessidades hídricas, dependendo do clima, variam de 500 mm a 700 mm. Essa espécie vegetal não é sensível ao fotoperíodo e desenvolve-se bem em ambientes com temperaturas entre 22°C e 28°C. Porém, se durante a fase de crescimento a temperatura predominante for inferior a 18°C, ou superior a 33°C, a produção pode ser significativamente afetada (Doorenbos & Kassam 1979).

O conhecimento das características ecofisiológicas de uma cultivar é fundamental para se otimizar o uso dos recursos naturais que afetam a cultura, quando se busca aumento na produtividade. Dentre estes recursos, a radiação solar constitui-se numa fonte energética essencial para a manutenção básica de qualquer espécie cultivada. Assim, as interações da radiação solar com as plantas condicionam o microclima interno da cobertura vegetal. A quantidade e a qualidade de radiação disponível dentro do dossel afetam os processos fisiológicos das plantas. A radiação pode chegar ao interior da cobertura vegetal, 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. A atenuação da radiação na cobertura vegetal depende, principalmente, da densidade da folhagem, do arranjo das folhas no interior da vegetação, do ângulo existente entre a folha e a radiação incidente e do coeficiente de extinção (Monteith & Unsworth 1990).

Os mesmos autores informam que o coeficiente de extinção ( $k$ ) revela o grau de diminuição da luz no dossel, por absorção e espalhamento. Quando a folhagem não é densa o suficiente para interceptar toda a radiação incidente, o coeficiente de reflexão do dossel depende, até certo ponto, da reflexão do solo, bem como da densidade das folhas. A densidade das folhas na vegetação pode ser quantitativamente determinada por meio do índice de área foliar ( $L$ ), que é uma medida adimensional da cobertura vegetal, expressa pela razão entre a soma das áreas das folhas e a área de solo ocupada pela planta.

Conforme Monteith & Unsworth (1990), a eficiência de uso da radiação solar ( $RUE$ ) pelas culturas (relação entre a produção de fitomassa e a radiação interceptada), na maioria das vezes, é baixa, devido às deficiências em água e nutrientes no solo, ao ataque de pragas e doenças, à concorrência com

plantas infestantes e, ainda, à cobertura parcial do solo pela cultura em análise. De acordo com Collino et al. (2001), a interceptação da radiação pelo amendoim e a sua eficiência de conversão em fitomassa decrescem com o aumento do déficit de saturação de água no solo. Para Távora et al. (2002), a configuração do plantio afeta a distribuição das plantas no campo, o que, por sua vez, controla a quantidade de radiação interceptada pela cultura. Nesse sentido, Awal & Ikeda (2003) observaram aumento de  $RUE$  em ambientes sombreados e que  $RUE$  varia, continuamente, com o estágio fenológico da planta, com os valores máximos aparecendo nos primeiros sessenta dias do período de crescimento, seguidos por drástico declínio.

Monteith (1994) sintetiza a produção de matéria seca de uma cultura, como produto de três termos: *i*) disponibilidade do recurso por unidade de área cultivada; *ii*) eficiência de captura do recurso pela cultura; e *iii*) taxa de produção de matéria seca por unidade de recurso capturado (fator de conversão). Com isso, o autor sugere um modelo simples, baseado na relação entre produção de fitomassa e radiação interceptada, para prever a produtividade dos cultivos.

Os estudos que levam em conta a variação da eficiência de uso da radiação solar ( $RUE$ ), durante o desenvolvimento de uma cultura, considerando-se a massa seca total (incluindo as raízes), são, contudo, raros. Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar essa eficiência e as propriedades óticas da cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), em função da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ( $PAR$ ) e da análise de crescimento das plantas, cujas informações são relevantes para uso em modelos de simulação acerca do crescimento e da produção do amendoim.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio com a cultura do amendoim, cv. IAC-Tatu-ST, foi conduzido na área experimental do Setor de Ciências Ambientais (21,85°S, 48,43°W e altitude de 786 m), Fazenda Lageado, Campus da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Botucatu, SP. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é Cwa: temperado quente (mesotérmico), com chuvas no verão e seca no inverno (Cunha et al. 1999). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C. Anualmente, nesta

região, chove cerca de 1.500 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Embrapa 1999), tendo sido preparado com o uso de enxada rotativa.

Na correção do solo, foram aplicadas 2,86 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, em pré-plantio, mediante o resultado da análise química do solo (Tabela 1). Na adubação de manutenção, foi aplicado o equivalente a 274 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 0-30-11, no plantio, e 60 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 19-10-19, em cobertura, conforme as recomendações técnicas para a cultura (Tasso Júnior et al. 2004).

As plantas foram cultivadas em parcela única de 33 m x 31 m, conduzidas sob tratamento sem déficit hídrico, durante todas as fases do crescimento, no período compreendido entre 11 fev. 2001 e 31 maio 2001. A profundidade média de plantio adotada foi de 0,05 m, com densidade de 180 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Para efetuar a análise de crescimento das plantas, foram enterrados dezesseis vasos, com capacidade para 40 L de solo, distribuídos em grade regular dentro da área experimental, com o mesmo tratamento recebido pelo ensaio. Em cada vaso, foram cultivadas três plantas de amendoim. Durante todas as etapas da condução experimental, foram efetuados controles de plantas infestantes, pragas e doenças.

Para fins de manejo da irrigação, determinou-se a capacidade de água disponível (CAD) no solo (CAD = 67 mm m<sup>-1</sup>), em função da sua umidade à tensão de -0,01 MPa (capacidade de campo) e à tensão de -1,50 MPa (ponto de murcha permanente).

A água para irrigação foi suprida por um reservatório de 20 m<sup>3</sup>, localizado a 50 m da área experimental, com 5,0 m de diferença de nível, de modo que o fornecimento de água à planta se deu por gravidade. Foi adotado o sistema de irrigação por gotejo, fazendo-se uso de tubogotejadores. As lâminas brutas aplicadas foram controladas por um hidrômetro, cuja necessidade de rega foi estabelecida mediante o balanço hídrico específico para a cultura, conforme Assunção et al. (2001a), baseado na entrada e saída de água no solo. A adubação de cobertura foi aplicada

Tabela 1. Resultado da análise química e granulométrica do solo da área experimental.

pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	S	CTC	V	Areia	Silte	Argila
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	Mg dm <sup>-3</sup>	mmol dm <sup>-3</sup>				(%)					
6,0	42,5	434,0	15,5	11,3	83,5	46,5	141,5	157,0	90,5	60,9	9,4	29,7

usando-se a própria água da irrigação como vetor, utilizando-se um equipamento apropriado para fertirrigação. A chuva total durante o ciclo da cultura foi de 352 mm e a irrigação aplicada foi de 277,5 mm, gerando um uso consuntivo de 629,5 mm.

Durante o ensaio, além da precipitação e da evapotranspiração, foram monitoradas, também, as irradiâncias fotossinteticamente ativas - PAR (W m<sup>-2</sup>), com o uso de sensores quânticos (modelo LI-COR 190SB), assim distribuídos: irradiância PAR incidente sobre a cultura ( $G_{PAR}$ ), medida a 1,5 m acima da superfície; irradiância PAR refletida pela cultura ( $R_{PAR}$ ), medida por um sensor invertido a 1,5 m acima da superfície; e irradiância PAR transmitida através da cultura ( $T_{PAR}$ ), medida na superfície, sob a cultura (Figura 1).

A aquisição de dados se deu por um sistema coletor automático, modelo CR21X da Campbell Sci, programado para, a cada cinco minutos, armazenar os valores médios de trezentas leituras e, no final de cada dia, gravar os valores integrados.

A radiação interceptada (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) pela cultura foi estimada conforme Sinclair & Muchow (1999):

$$I_{PAR} = G_{PAR} - T_{PAR} ,$$

onde:  $G_{PAR}$  é a radiação (PAR) incidente sobre a cultura e  $T_{PAR}$  a radiação PAR transmitida através da folhagem que atinge a superfície do solo, ambas em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

A primeira amostragem (retirada do primeiro vaso com as plantas cultivadas) se deu a "zero" dia após a emergência (0 DAE), em 18 fev. 2003, quando 50% das plantas haviam germinado. A partir dessa data, um vaso foi retirado, aleatoriamente, a cada sete



Figura 1. Disposição esquemática dos sensores radiométricos dentro da cultura de amendoim estudada.

dias, para análise de crescimento, sendo cada órgão das plantas amostradas (raízes, caules, folhas, vagens e grãos) medido, pesado e levado à estufa de ventilação forçada, para desidratação, por 72 horas, a 80°C, até atingir peso constante, conforme recomendam Tsubo et al. (2001) e Benincasa (2003). Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas, para determinação da massa seca,  $MS$  ( $g\ m^{-2}$ ), e acondicionadas em recipientes herméticos.

A última amostragem foi realizada aos 105 DAE, em 03 jun. 2003, quando se deu a colheita. As amostras acondicionadas com a massa seca foram encaminhadas ao laboratório do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, para determinação da energia química,  $EB$  ( $MJ\ m^{-2}$ ), pelo processo calorimétrico.

O índice de área foliar ( $L$ ) foi calculado pela razão entre a área foliar total ( $Af$ ) e a área do solo ocupada pela planta ( $AP$ ), ou seja:

$$L = \frac{Af}{AP}$$

As áreas foliares foram determinadas pelo método destrutivo, utilizando-se as plantas cultivadas nos vasos, cujas folhas foram destacadas e submetidas a planimetria eletrônica, de acordo com Assunção et al. (2001b).

Os modelos físico-óticos adotam a teoria de que a luz solar, ao atravessar as várias camadas de folhas justapostas de um dossel vegetativo, tem sua intensidade decrescida, exponencialmente, com o aumento do grau de cobertura vegetal, como prevê a lei de Bouguer-Lambert-Beer para a extinção da luz. Assim, o coeficiente médio de extinção ( $k$ ) para a cultura do amendoim foi estimado, estabelecendo-se uma análise de regressão entre o índice de área foliar semanal e o logaritmo natural da transmitância foliar:

$$k = -\frac{\ln(\tau_{PAR})}{L}$$

onde:  $\tau_{PAR}$  é a fração  $PAR$  transmitida através da folhagem da cultura, ou seja:

$$\tau_{PAR} = \frac{T_{PAR}}{G_{PAR}}$$

A eficiência de uso da radiação ( $RUE$ ), expressa em  $g\ MJ^{-1}$ , foi estimada através da análise de regressão entre a massa seca acumulada na planta ( $g\ m^{-2}$ ) e a soma da radiação  $PAR$  interceptada

semanalmente ( $MJ\ m^{-2}$ ), conforme Sinclair & Muchow (1999):

$$RUE = \frac{MS}{I_{PAR}}$$

A eficiência de conversão da radiação foi calculada conforme Gallagher & Biscoe (1978), sendo definida como a razão entre a energia química acumulada na biomassa vegetal ( $EB$ ) e a radiação  $PAR$  absorvida ( $A_{PAR}$ ) pela cultura, em todo o seu ciclo:

$$RCE = \frac{EB}{A_{PAR}}$$

A radiação  $PAR$  absorvida ( $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$ ) foi estimada com base na lei de conservação da energia, ou seja, a diferença entre a radiação  $PAR$  interceptada e a radiação  $PAR$  refletida:

$$A_{PAR} = I_{PAR} - R_{PAR}$$

O índice de colheita ( $HI$ ) foi calculado como a razão entre a energia armazenada nos grãos ( $EG$ ) e a energia armazenada na fitomassa ( $EB$ ), no final do ciclo da cultura (Sinha et al. 1982):

$$HI = \frac{EG}{EB}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a fase de crescimento da cultura, principalmente entre 14 DAE e 35 DAE (início da floração), observa-se que a densidade de fluxo da radiação fotossinteticamente ativa ( $PAR$ ) interceptada passou de  $1,4\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$  para  $8,4\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ , refletindo assim a alta taxa de crescimento absoluto da cultura. As interceptações máximas de  $PAR$  ocorreram durante o estágio de floração, entre 35 e 60 DAE, com um pico de  $8,7\ MJ\ m^{-2}$ , aos 56 DAE. Depois, decresceram, lentamente, até cerca da metade do período de frutificação, entre 70 e 77 DAE, e, a partir daí reduziram-se, mais intensamente, até o final do ciclo (Figura 2a). Isso implica que a identificação detalhada dos parâmetros que descrevem os estágios fenológicos da cultura, pode gerar subsídios para o desenvolvimento de modelos para o amendoim, que simulam com precisão o índice de área foliar, a fitomassa, bem como a produção de semente (Kiniry et al. 2005).



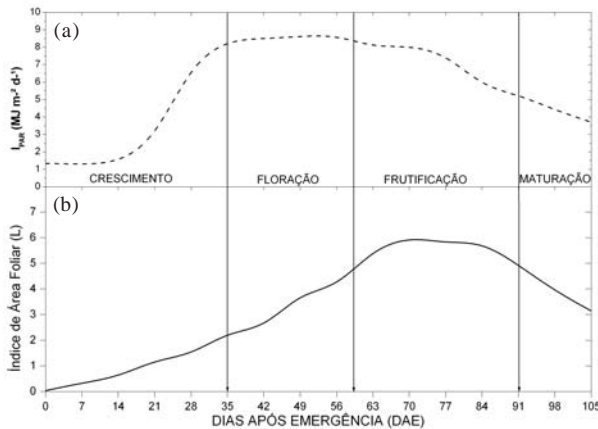


Figura 2. Variação da radiação PAR interceptada (a) e evolução do índice de área foliar (b), em função das fases fenológicas da cultura do amendoim.

Observando-se a Figura 2b, nota-se que o índice de área foliar ( $L$ ) não acompanhou, sincronicamente, a evolução da interceptação da luz, uma vez que o índice de área foliar atingiu o valor máximo de  $6,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , aos 70 dias após emergência (início do enchimento dos grãos). Kiniry et al. (2005), estudando três cultivares de amendoim, encontraram picos de  $L$  variando de  $4,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  a  $7,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , entre 63 e 80 DAE, embora estes autores mencionem valores máximos, citados na literatura, variando de  $3,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  a  $8,5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , com média de  $5,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  e desvio de  $1,50 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ .

A defasagem de quatorze dias, observada entre os picos da  $I_{PAR}$  e  $L$ , é explicada pelo acamamento sofrido pela cultura, devido às freqüentes chuvas ocorridas durante esta fase de desenvolvimento. O acamamento fez com que o instrumento embaixo do dossel detectasse mais energia, sem que houvesse redução da área foliar efetiva, como pode-se observar através das imagens da Figura 3.

O rendimento de fitomassa apresentou padrão sigmoidal de crescimento inicialmente lento, até cerca de 20 DAE. Depois acelerou-se, até o final do estágio reprodutivo (90 DAE), e, em seguida, estabilizou-se na maturação, com  $803 \text{ g m}^{-2}$  (Figura 4a). Nota-se, também, que a frutificação iniciou-se aos 42 DAE, durante a fase reprodutiva, crescendo, de forma lenta, até cerca de 66 DAE. Houve aumento na intensidade de crescimento até 86 DAE, a qual estabilizou-se, a partir daí, até o final do ciclo, com  $330 \text{ g m}^{-2}$ .

Na fase final do ciclo, a cultura interceptou, acumuladamente,  $628 \text{ MJ m}^{-2}$  e absorveu  $592 \text{ MJ}$

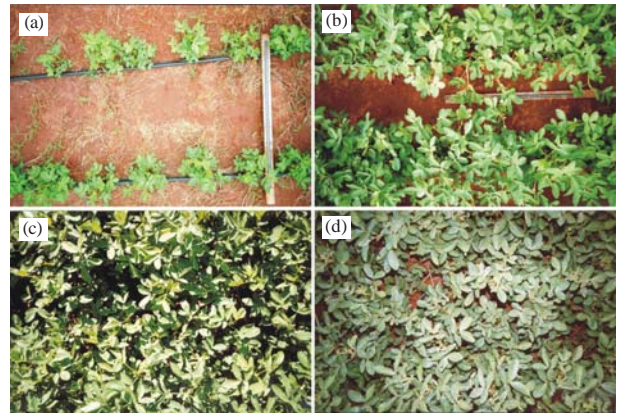


Figura 3. Cobertura vegetal na cultura do amendoim, em diferentes números de dias após a emergência – DAE, 14 dias (a), 35 dias (b), 56 dias (c) e 77 dias (d), revelando aumento até os 56 DAE e acamamento após os 63 DAE.

$\text{m}^{-2}$  (Figura 4b). Estes valores estão próximos dos  $600 \text{ MJ m}^{-2}$  a  $800 \text{ MJ m}^{-2}$ , observados por Awal & Ikeda (2003), para o amendoim cultivado em três diferentes épocas de plantio.

O crescimento da energia armazenada na fitomassa apresentou padrão similar ao do rendimento, de modo que, no final do ciclo, a cultura acumulou  $14,8 \text{ MJ m}^{-2}$  (Figura 4c). Nesse período, a energia armazenada nos grãos foi de  $8,6 \text{ MJ m}^{-2}$ . Tsubo et al. (2001) obtiveram, nesta fase, valores calorimétricos da ordem de  $16,8 \text{ MJ m}^{-2}$  para a fitomassa do feijão, num período de 126 dias, e de  $17,8 \text{ MJ m}^{-2}$  para a fitomassa do milho, com igual período.

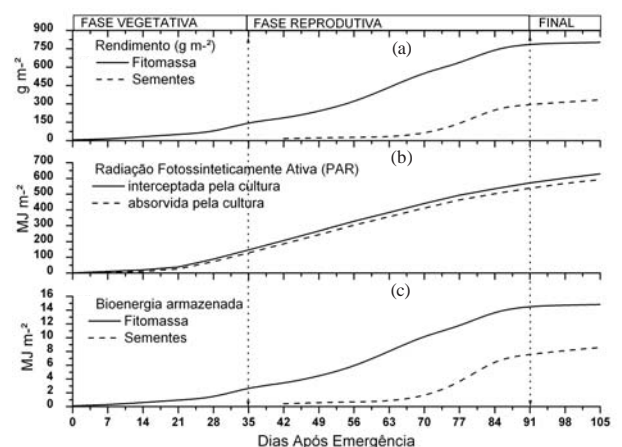


Figura 4. Rendimentos da fitomassa e de grãos ( $\text{g m}^{-2}$ ) observados em cada fase da cultura (a); interceptação e absorção da PAR ( $\text{MJ m}^{-2}$ ), acumuladas durante o ciclo da cultura (b); e energia química acumulada na fitomassa e nos grãos ( $\text{MJ m}^{-2}$ ), durante o ciclo da cultura (c).

Na fase final da cultura, a eficiência de conversão da radiação (*RCE*), em energia química pelas plantas, foi de 0,025 MJ MJ<sup>-1</sup> (2,5%). Tsubo et al. (2001) obtiveram valores variando de 2,2% a 2,5%, para o feijão solteiro; 4,2% a 4,4%, para o consórcio de feijão com milho; e 4,6% a 4,7%, para milho cultivado sozinho. Estas diferenças são atribuídas à grande eficiência que as plantas C4 (ex. milho) têm em converter energia. No caso do consórcio, a eficiência das plantas (feijão + milho) é atribuída à redução na densidade de cultivo, a qual favorece uma menor competitividade por luz, água e nutrientes.

Mediante a análise de regressão, estabelecida entre rendimento de fitomassa e *PAR* interceptada pela cultura, conclui-se que a eficiência de uso da radiação (*RUE*) foi de 1,28 g MJ<sup>-1</sup> (Figura 5a), valor que se encontra dentro do intervalo sugerido por Sinclair & Muchow (1999), que é de 0,98 g MJ<sup>-1</sup> a 1,37 g MJ<sup>-1</sup>. Collino et al. (2001) encontraram *RUE* = 1,45 g MJ<sup>-1</sup> para o amendoim, com ciclo de 113 dias. Esse valor, aparentemente alto, provavelmente esteja ligado à amostragem da radiação interceptada, que foi tomada ao meio-dia e, conseqüentemente, ficou superestimado. Awal & Ikeda (2003) observaram, também para o amendoim, no Japão, valores variando de 1,07 g MJ<sup>-1</sup> a 1,53 g MJ<sup>-1</sup>. Kiniry et al. (2005), usando um ceptômetro, tomaram medidas da interceptação, entre as 10h30 e 12h, para três cultivares de amendoim sob regime irrigado, e encontraram valores de *RUE* entre 1,71 g MJ<sup>-1</sup> e

2,02 g MJ<sup>-1</sup>. Porém, na literatura especializada, são encontrados valores variando de 0,95 g MJ<sup>-1</sup> a 2,24 g MJ<sup>-1</sup> (Marshall & Willey 1983, Harris et al. 1987, Bell et al. 1993). Segundo esses autores, esta ampla faixa de variação é atribuída às condições climáticas, densidade de plantio, localização geográfica e, ainda, à técnica de medida.

A análise de regressão, estabelecida com as dezesseis amostras extraídas ao longo do ciclo da cultura, revelou, ainda, um coeficiente de extinção da luz (*k*) igual a 0,66 (Figura 5b). Driessen & Konijn (1992) sugerem um valor médio de 0,60 para a cultura do amendoim. Collino et al. (2001) encontraram *k* = 0,74, enquanto Kiniry et al. (2005) observaram valores entre 0,60 e 0,77. Robertson et al. (2001) encontraram, para o feijão guandu, valores do coeficiente de extinção de luz variando de 0,60 a 0,90 e Tsubo et al. (2001) encontraram *k* = 0,64, para o feijão, *k* = 0,43 para o milho, e *k* = 0,45 para a associação entre milho e feijão.

Na presente pesquisa, o valor final encontrado para o índice de colheita (*HI*) foi de 0,58, com base na energia (razão entre a energia armazenada nos grãos e a energia total da fitomassa) e de 0,41, com base na massa seca (razão entre a massa seca do grão e a fitomassa total). Diante deste fato, *HI* está de acordo com os valores encontrados por Collino et al. (2001): *HI* = 0,60 (base em energia) e *HI* = 0,48 (base em massa seca), para uma cultivar com ciclo de 155 dias, e *HI* = 0,52 (base em energia) e *HI* =

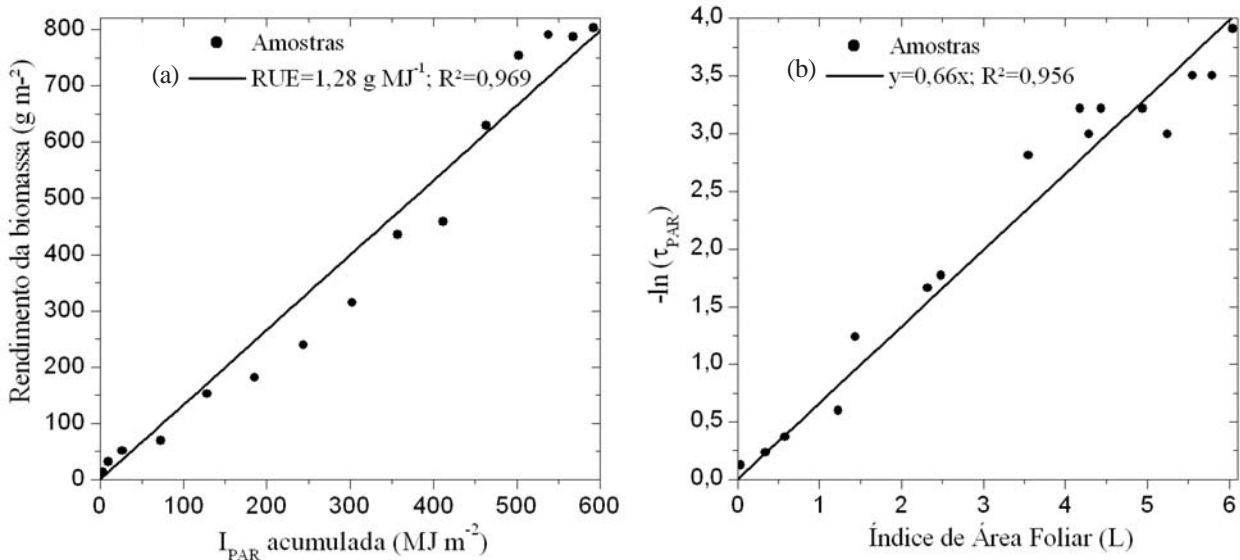


Figura 5. Eficiência de uso da radiação (a) e coeficiente de extinção (b), estimados por regressão linear simples, na cultura do amendoim, em Botucatu, SP.

0,40 (base em massa seca), para uma outra cultivar com ciclo de 113 dias. Doorenbos & Kassam (1979) recomendam *HI* para a cultura do amendoim, na ordem de 0,25 a 0,35, e Kiniry et al. (2005) citam valores da literatura variando de 0,33 a 0,62. Tsubo et al. (2001) observaram *HI* = 0,46, para o milho, e *HI* = 0,31, para o feijão, enquanto Robertson et al. (2001) observaram, para o feijão guandu, valores de *HI* entre 0,32 e 0,35.

A produtividade observada da cultura do amendoim foi equivalente a 4,4 t ha<sup>-1</sup>, em casca, e 3,3 t ha<sup>-1</sup>, em grãos, proporcionando um rendimento médio de 75% de grãos e 25% de casca. Segundo Tasso Júnior et al. (2001), a produtividade média da cultura, no Estado de São Paulo, varia entre regiões e estações de cultivo. Por exemplo, o amendoim cultivado na região oeste do Estado apresenta produtividade média ao redor de 1,8 t ha<sup>-1</sup>, nos cultivos de verão e de outono; já nos solos férteis de sua região norte, a média de produtividade, no cultivo de verão, é de cerca de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de amendoim em casca. A cultivar Tatu precoce, na mesma região norte alcança produtividades acima de 4,0 t ha<sup>-1</sup>; já as cultivares do tipo rasteiro e de ciclo longo produzem acima de 6,0 t ha<sup>-1</sup>. Doorenbos & Kassam (1979) reportam produtividades, em condição irrigada e com alto nível de manejo, entre 2,45 t ha<sup>-1</sup> e 3,15 t ha<sup>-1</sup>, em grãos.

## CONCLUSÃO

Nas condições de Botucatu, a cultura do amendoim (ciclo de 105 dias) intercepta, em média, 628 MJ m<sup>-2</sup> de radiação fotossinteticamente ativa (*PAR*), produzindo 1,28 g m<sup>-2</sup> de fitomassa para cada MJ de *PAR* interceptada, e absorve 592 MJ m<sup>-2</sup> dessa radiação, acumulando 14,8 MJ m<sup>-2</sup> de energia química na fitomassa (58,1% desta energia concentraram-se nas sementes). Além disso, assegura um coeficiente de extinção da luz (*k*) de 0,66, com índice de colheita (*HI*) de 0,58, com base em energia, e de 0,41, com base na massa seca.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Otávio Brito, do Departamento de Ciências Florestais, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (USP), pelas análises calorimétricas efetuadas.

## REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, H. F. et al. Um modelo agrometeorológico para a estimativa da demanda de água do amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001a. p. 379-380.
- ASSUNÇÃO, H. F. et al. Uso de imagem digital para determinação de áreas foliares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001b. p. 895-896.
- AWAL, M. A.; IKEDA, T. Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 118, n. 1-2, p. 63-74, 2003.
- BELL, M. J.; WRIGHT, G. C.; HAMMER, G. L. Leaf nitrogen content and minimum temperature interaction affect radiation-use efficiency in peanut. *Crop Science*, Madison, v. 33, n. 3, p. 476-481, 1993.
- BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas (noções básicas)*. Jaboticabal: FCAV/Unesp, 2003.
- COLLINO, D. J. et al. Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 177-184, maio 2001.
- CUNHA et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIANA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas/Unesp, 1999. p. 487-491.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. *Yield response to water*. Rome: FAO, 1979. (FAO: Irrigation and Drainage, Paper 33).
- DRIESSEN, P. M.; KONIJN, N. T. (Ed.). *Land-use systems analysis*. Wageningen: Agricultural University, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.
- GALLAGHER, J. L.; BISCOE, P. V. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *Journal of Agriculture and Science*, Cambridge, v. 91, n. 1, p. 47-60, 1978.
- HARRIS, D.; NATARAJAN, M.; WILLEY, R. W. Physiological basis for yield advantage in a sorghum/groundnut intercrop exposed to drought. 1. Dry-matter production, yield, and light interception. *Field Crops Research*, Saint Paul, v. 17, n. 3-4, p. 259-272, dez. 1987.

- KINIRY, J. R. et al. Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency, and harvest index at three sites in Texas. *Field Crops Research*, Saint Paul, v. 91, n. 2-3, p. 297-306, 2005.
- MARSHALL, B.; WILLEY, R. W. Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. *Field Crops Research*, Saint Paul, v. 7, n. 2, p. 141-160, 1983.
- MONTEITH, J. L. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. *Agriculture and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 68, n. 3-4, p. 220-231, 1994.
- MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. *Principles of environmental physics*. 2. ed. London: Edward Arnold, 1990.
- ROBERTSON, M. J. et al. Predicting growth and development of pigeonpea: biomass accumulation and partitioning. *Field Crops Research*, Saint Paul, v.70, n. 2, p.89-100, abr. 2001.
- SINCLAIR, T. R.; MUCHOW, R. C. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*, New York, v. 65, s/n, p. 215-265, 1999.
- SINHA, S. K.; BHARGAVA, S. C.; GOEL, A. Energy as the basis of harvest index. *Journal of Agriculture and Science*, Cambridge, v. 99, n.3, p. 237-238, 1982.
- TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. *A cultura do amendoim*. Jaboticabal: Funep, 2004.
- TÁVORA, F. J. F. et al. Peanut response to plant densities and planting patterns: light interception, growth analysis and yield. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 33, n. 2, p. 5-12, 2002.
- TSUBO, M., WALKER, S.; MUKHALA, E. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research*, Saint Paul, v. 71, n. 1, p. 17-29, 2001.