

EFICIÊNCIA DE USO DA RADIAÇÃO E PROPRIEDADES ÓTICAS DO AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L)

RAPHAEL E. LEMOS¹, HILDEU F. ASSUNÇÃO², JOÃO F. ESCOBEDO³.

¹ Estudante de Agronomia do Campus Jataí/UFG – Goiás - Brasil, (0xx64) 3636 3396,
fael_emilio@yahoo.com.br

² Prof. Adjunto, Campus Jataí/UFG – Goiás - Brasil, hildeu@yahoo.com.br

³ Prof. Titular Departamento de Recursos Naturais, FCA/UNESP – Botucatu/SP – Brasil,
escobedo@fca.unesp.br

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007
– Aracaju – SE

RESUMO: Um ensaio com amendoim (*Arachis hypogaea* L.), cv. IAC-TATU-ST foi conduzido, na área experimental do Setor de Ciências Ambientais (21,85° S; 48,43° W; 786 m), FCA/UNESP, em Botucatu, SP, em parcela única sob “tratamento úmido” durante o período de 11/02/2001 a 03/06/2001. Nas fases de crescimento das plantas, foram monitoradas as radiações fotossinteticamente ativas incidente, refletida e transmitida, bem como o crescimento e a produção semanal da biomassa e sua energia química acumulada nas raízes, hastes, folhas, frutos e sementes, com o objetivo de determinar o coeficiente de extinção da luz (k), a eficiência de uso da radiação (EUR), a eficiência de conversão da radiação (ECR) e o Índice de colheita (IC). Nas condições de Botucatu-SP, os resultados mostraram que, em termos médios, o coeficiente de extinção da luz foi de 0,66. A cultura do amendoim, no final do ciclo, interceptou 628 MJ m⁻² e absorveu 592 MJ m⁻² da PAR. A cultura também acumulou na biomassa 14,8 MJ m⁻² em 803 g m⁻² de matéria seca, resultando $EUR=1,28$ g MJ⁻¹ e a $ECR=2,5\%$. A produtividade amostral obtida foi de 4,4 t ha⁻¹ de amendoim em casca, equivalendo a 3,3 t ha⁻¹ de grãos. O índice de colheita, $IC=0,58$ MJ MJ⁻¹, em base de energia, e $IC=0,41$, em base peso de matéria seca.
PALAVRAS-CHAVE: coeficiente de extinção, eficiência de uso da radiação, índice de colheita.

RADIATION USE EFFICIENCY AND OPTICAL PROPERTIES OF THE PEANUT (*Arachis hypogaea* L)

ABSTRACT: A trial was conducted with peanut (*Arachis hypogaea* L.), cv. IAC-TATU-ST, with "humid treatment" in a only plot of the experimental area of the Setor de Ciências Ambientais (21,85° S; 48,43° W; 786 m), FCA/UNESP, in Botucatu-SP; during the period from 11/02/2001 to 03/06/2001. In all phases of plants growth, the photosynthetically active radiation (the PAR) were monitored: the incident PAR, the reflected PAR and the transmitted PAR, as well as the growth and the weekly biomass production and your accumulated chemical energy in the roots, in the stems, in the leaves, in the fruits and in the seeds; with the objective of determining the radiation extinction coefficient, the radiation use efficiency, the radiation conversion efficiency and the harvest index. In the Botucatu conditions, the results showed that the radiation extinction coefficient has been equal to 0.66. The peanut plot, in the final phase, intercepted 628.0 MJ m⁻² and absorbed 592.0 MJ m⁻² of the PAR. In this phase, the peanuts plants accumulated in the biomass, 803.0 g m⁻²

of dry matter and stored 14.8 MJ m⁻² of chemical energy; therefore the radiation use efficiency has been equal to 1.28 g MJ⁻¹ and the radiation conversion efficiency has been equal to 2.5%. The productivity of the plot has been of 4.4 t ha⁻¹ of peanut in peel, and 3.3 t ha⁻¹ of grains. The harvest index has been equal to 0.58 MJ MJ⁻¹ (in energy base) and 0.41 (in weight base).

Key-words: extinction coefficient, radiation use efficiency, harvest index.

INTRODUÇÃO

A viabilidade de produção de um biocombustível é analisada em função do balanço energético, envolvendo tanto a disponibilidade de energia solar para as plantas efetuar a fotossíntese, como os processos físico-energético e sócio-energético gastos na produção industrial. Dentro dessa temática, há pouco estudo sobre a eficiência de uso da radiação solar na síntese de energia química na biomassa de plantas oleaginosas potencialmente produtoras de biodiesel, como o amendoim (*Arachis hypogaea* L), uma leguminosa originária das Américas Central e do Sul.

De acordo com Collino et al. (2001) a interceptação da radiação pelo amendoim e sua eficiência de conversão em biomassa decrescem com o aumento do déficit de saturação de água no solo. Confalone & Navarro (1999), atestam que, durante o desenvolvimento desta cultura, a variação da eficiência de utilização da radiação (EUR), tomando a matéria seca total (incluindo as raízes) juntamente com o seu crescimento em condições hídricas limitantes são pouco estudados. Awal & Ikeda (2003) observaram um aumento da EUR em ambientes sombreados, e também notaram que a EUR varia continuamente com o estágio fenológico da planta, cujos valores máximos aparecem nos primeiros 60 dias do período de crescimento, seguido por um drástico declínio.

Um modelo simples, baseado na eficiência da utilização da radiação (EUR), determinado por Monteith (1977), tem sido amplamente utilizado para prever a produtividade dos cultivos.

Diante do exposto, durante o ciclo da cultura do amendoim foram monitorados o índice de área foliar, as variações da radiação fotossinteticamente ativa interceptada e absorvida ao longo do seu ciclo, bem como o acúmulo de matéria seca e os valores calorimétricos na planta e nos grãos, com os seguintes objetivos:

1. Correlacionar o rendimento da biomassa acumulada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura em estudo e determinar a eficiência de conversão da radiação, bem como o índice de colheita;
2. Correlacionar o índice de área foliar com a energia transmitida através do dossel vegetativo e estimar o coeficiente de extinção da luz pela cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em um Latossolo Vermelho eutrófico de textura arenosa na área experimental de 1000 m² do Setor de Ciências Ambientais (21,85° S; 48,43° W; 786 m), Fazenda Lageado, Campus da Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é Mesotérmico temperado com chuvas no verão e seca no inverno (Cwa). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22° C, a precipitação e a evapotranspiração anuais oscilam em torno de 1500 mm e 690 mm respectivamente.

Para o preparo do solo, seguiram-se as recomendações técnicas específicas para o cultivo do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), cv. IAC-TATU-ST, que foi cultivado em parcela

única sob “tratamento úmido” no período de 11/02/2003 (verão-outono), com densidade de plantio equivalente a 180.000 plantas ha⁻¹. O método de irrigação adotado foi por gotejo, com as lâminas brutas controladas com hidrômetro. A necessidade de rega foi estabelecida em função do balanço hídrico da cultura (ASSUNÇÃO *et al.*, 2001).

Durante o ensaio, foram monitoradas, com sensores quânticos (mod. LI-COR 190SB), as irradiâncias fotossinteticamente ativas (PAR) incidente, refletida e transmitida, em W m⁻². Os dados radiométricos foram registrados por um coletor de dados, modelo CR21X da Campbell Sci, de modo que, a cada 5 minutos, eram armazenadas, em um módulo de memória portátil (SM192), as médias de 300 leituras amostradas.

Para análise de crescimento das plantas e determinação da taxa acumulada de energia química (MJ m⁻²), as amostras (raízes, caules, folhas, cascas e grãos) foram extraídas semanalmente, pesadas e levadas à estufa, onde permaneceram por 72 horas a 80 °C, até atingirem peso constante (TSUBO *et al.*, 2001 e BENINCASA, 2003). Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas e determinadas a energia química (EB) da matéria seca (MS).

O coeficiente médio de extinção (*k*) para a cultura do amendoim foi estimado pela correlação entre o índice de área foliar e o logaritmo natural da transmitância:

$$k = -\ln(\tau_{PAR}) / IAF \quad (01)$$

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

$$\tau_{PAR} = T_{PAR} / G_{PAR} \quad (02)$$

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

$$IAF = Af / AP \quad (03)$$

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

$$ECR = EB / A_{PAR} \quad (07)$$

A energia absorvida pelo dossel foi estimada com base na lei de conservação da energia:

$$A_{PAR} = I_{PAR} - R_{PAR} \quad (08)$$

O índice de colheita (IC), coeficiente que representa a fração da produção comercialmente rentável dentro da produção total da biomassa de uma cultura, foi calculado como a razão entre a energia armazenada nos grãos (EG) e a energia armazenada na biomassa (EB) no final do ciclo da cultura (Sinha *et al.* 1982):

$$IC = EG / EB \quad (09)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1A mostra a evolução da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) pela cultura do amendoim. Nota-se que as interceptações máximas ocorreram no intervalo de 35 e 60 DAE (fase de floração), com um pico de 8,71 MJ m⁻², aos 56 DAE. Após as fases de formação dos frutos e enchimento dos grãos, a radiação interceptada diariamente decresceu até o final do ciclo da cultura.

Observando-se a Figura 1B, nota-se que o índice de área foliar (IAF) não acompanhou, sincronicamente, a evolução da interceptação da luz, uma vez que o índice de área foliar atingiu o valor máximo (6,0 m² m⁻²) aos 70 dias após emergência (início do enchimento dos grãos). A defasagem de 14 dias observada entre os picos da *I_{PAR}* e *IAF*, 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.

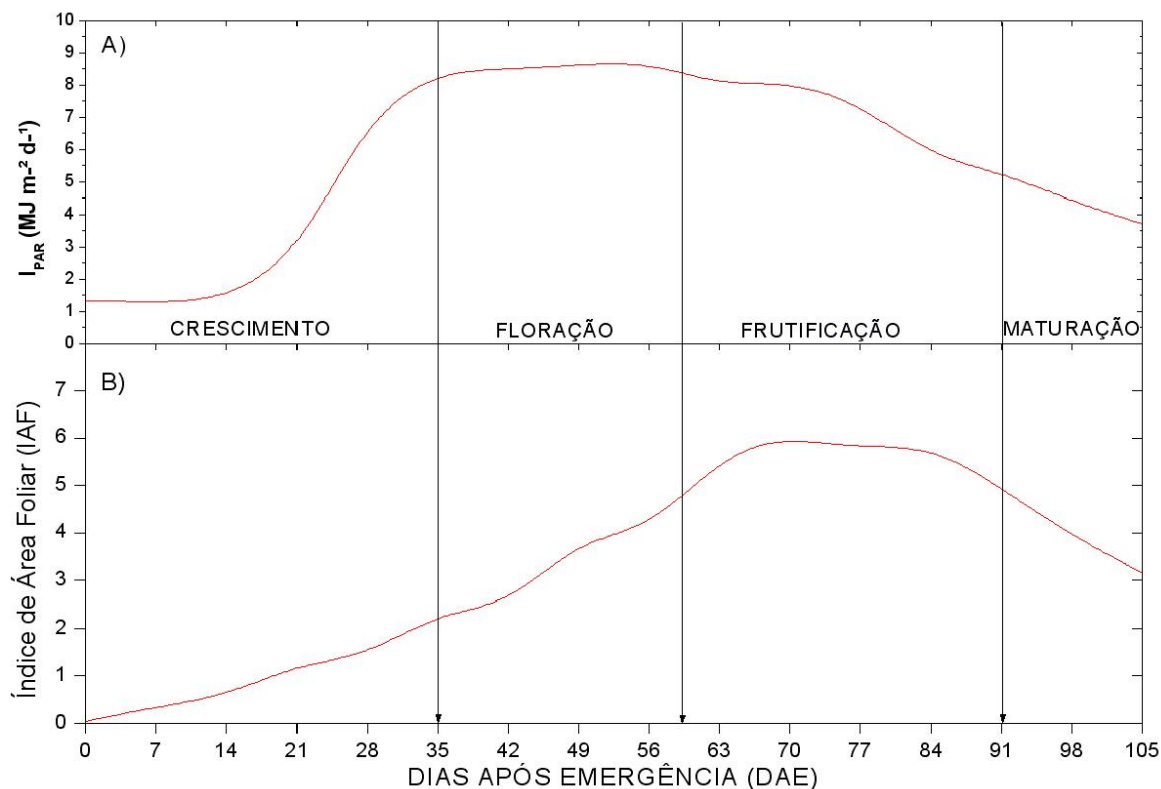


Figura 1. A) variação da radiação PAR interceptada; B) evolução do índice de área foliar em função das fases fenológicas da cultura do amendoim.

A Figura 2A mostra que o rendimento da biomassa do amendoim foi crescente até o final da fase reprodutiva (floração, formação e enchimento dos grãos) e se estabilizou na fase final do ciclo (maturação) com $803\ g\ m^{-2}$. Nota-se também que a formação dos frutos iniciou-se aos 42 DAE, durante a fase reprodutiva, crescendo de forma não-linear até a estabilização, na fase final do ciclo, com $330\ g\ m^{-2}$. Na fase final do ciclo, a cultura interceptou $628\ MJ\ m^{-2}$ e absorveu $592\ MJ\ m^{-2}$ (Figura 2B). Estes valores estão próximos de 600 a $800\ MJ\ m^{-2}$, observados por Awal & Ikeda (2003), para o amendoim cultivado em 3 diferentes épocas de plantio.

A Figura 2C mostra que na fase final do ciclo da cultura a energia da biomassa atingiu a magnitude de $14,8\ MJ\ m^{-2}$ e a energia contida na matéria seca dos grãos foi de $8,6\ MJ\ m^{-2}$. Tsubo *et al.* (2001) obtiveram, nesta fase, valores calorimétricos na ordem de $16,8\ MJ\ m^{-2}$ para o feijão, num período de 126 dias, e de $17,8\ MJ\ m^{-2}$ para o milho, com igual período. Na fase final da cultura, a eficiência média de conversão da radiação absorvida pela biomassa, em energia química (ECR) foi de 2,5%, ou seja, $0,025\ MJ\ MJ^{-1}$. Tsubo *et al.* (2001) obtiveram valores variando de 2,2 a 2,5% para o feijão, cultivado sozinho, de 4,2 a 4,4% para o feijão consorciado com milho e de 4,6 a 4,7% para milho cultivado sozinho. Estas diferenças são atribuídas à grande eficiência que as plantas C4 (milho) têm em converter energia.

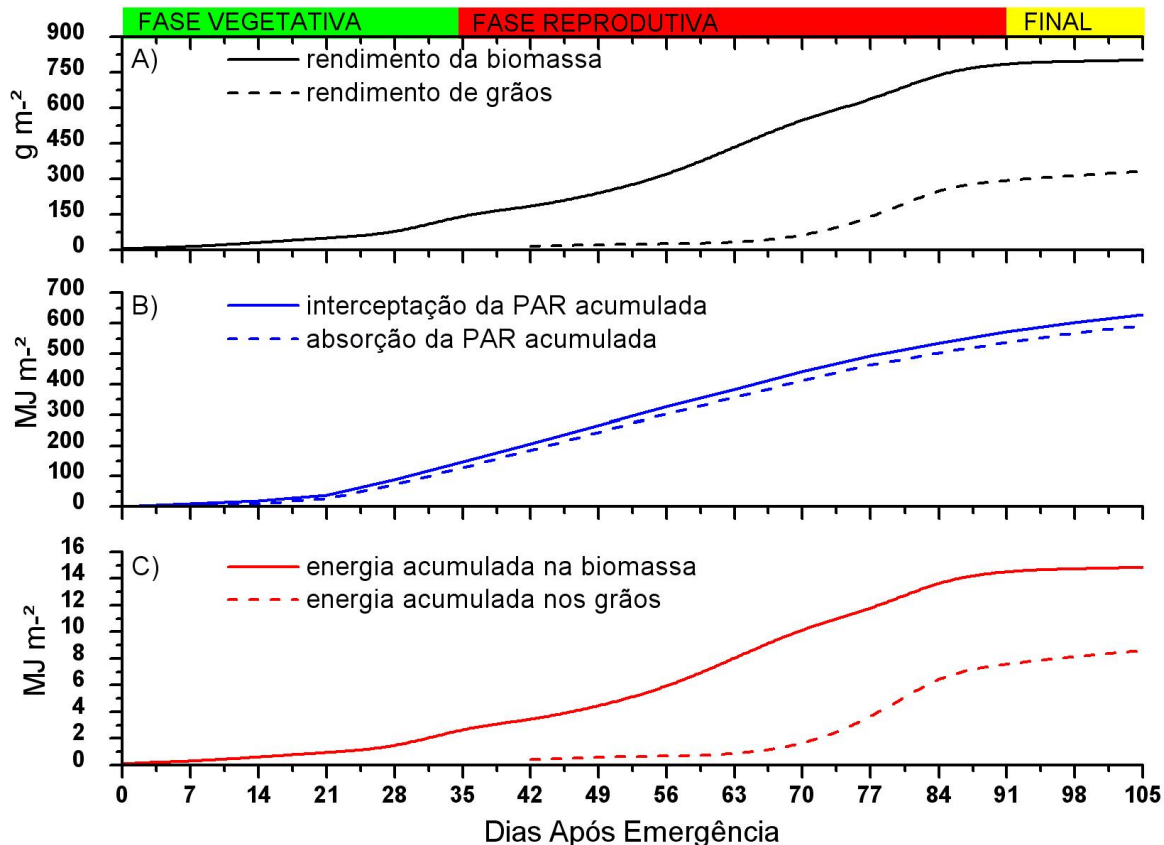


Figura 2. A) rendimentos da biomassa e de grãos (g m^{-2}) observados em cada fase da cultura; B) interceptação e absorção da PAR (MJ m^{-2}), acumuladas durante o ciclo da cultura; C) energia química acumulada na biomassa e nos grãos (MJ m^{-2}), durante o ciclo da cultura.

A Figura 3A mostra a correlação entre os rendimentos da biomassa produzida e a PAR interceptada, em iguais períodos, o que determina a eficiência de uso da radiação pela planta para produção de matéria seca. Diante desta análise foi possível observar que a eficiência média de uso da radiação foi de $1,28 \text{ g MJ}^{-1}$, valor inferior àquele encontrado por Collino *et al.* (2001) que foi de $1,45 \text{ g MJ}^{-1}$ para um período de crescimento do amendoim de 113 DAE. Collino *et al.* (2001), em seu trabalho, afirma que o valor, acima mencionado, ficou levemente superior àquele sugerido por Sinclair & Muchow (1999), provavelmente porque a radiação interceptada foi tomada ao meio-dia, e conseqüentemente o seu valor ficou superestimado. Awal & Ikeda (2003) determinaram, para o amendoim, no Japão, valores variando de $1,07$ a $1,53 \text{ g MJ}^{-1}$. Kiniry *et al.* (2005), usando um ceptômetro, tomaram medidas da interceptação, entre 10:30 e 12:00, para 3 cultivares de amendoim sob regime irrigado, e encontraram valores de *EUR* variando de $1,71$ a $2,02 \text{ g MJ}^{-1}$. Porém, na literatura especializada são encontrados valores que variam de $0,95$ a $2,24 \text{ g MJ}^{-1}$ (MARSHALL & WILLEY, 1983; BELL *et al.*, 1993). Segundo estes autores, esta ampla faixa de variação é atribuída às condições climáticas, à densidade de plantio, à localização geográfica e ainda à técnica de medida.

O coeficiente de extinção para a cultura do amendoim (k) variou entre $0,44$ a $0,88$, com média geral de $0,66$ (Figura 3B). Driessen & Konijn (1992) sugerem um valor médio de $0,6$

para a cultura do amendoim. Collino *et al.* (2001) encontraram $k=0,74$, enquanto Kiniry *et al.* (2005) encontraram k variando de 0,60 a 0,77.

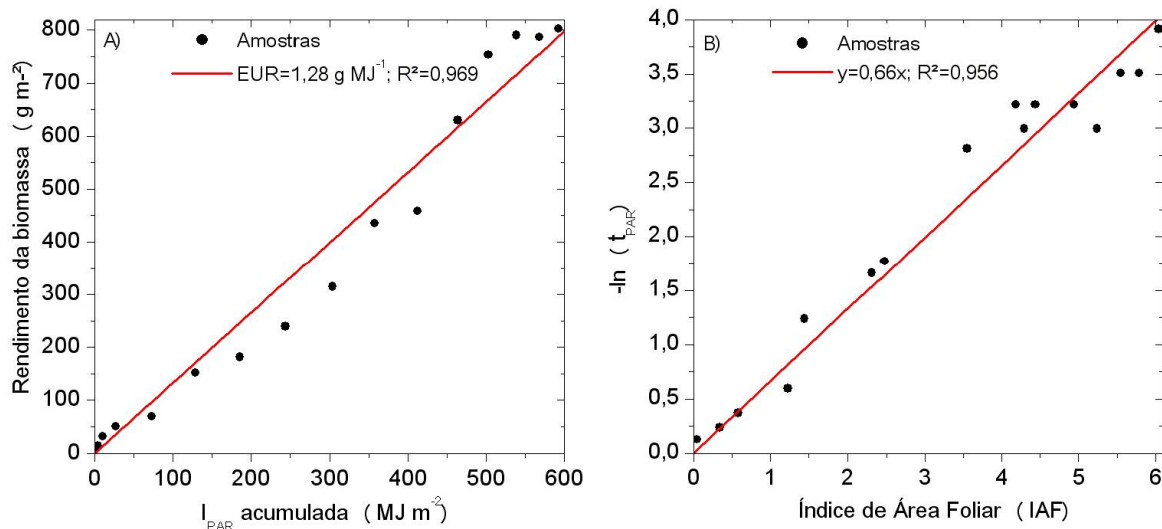


Figura 3. A) eficiência de uso da radiação pela cultura do amendoim na produção de biomassa (g m^{-2}) e B) Coeficiente de extinção, obtido pelo método da regressão linear.

Nesta pesquisa, o valor final encontrado para o índice de colheita (IC) foi de 0,58, com base na energia (razão entre a energia armazenada nos grãos e a energia total da biomassa) e de 0,41, com base na matéria seca (razão entre a matéria seca do grão e a matéria seca total da biomassa). Diante deste fato, IC está de acordo com os valores encontrados por Collino *et al.* (2001), $IC=0,60$ (base em energia) e $IC=0,48$ (base em matéria seca) para uma cultivar com ciclo de 155 dias, e $IC=0,52$ (base em energia) e $IC=0,40$ (base em matéria seca), para uma outra cultivar com ciclo de 113 dias. Doorenbos & Kassam (1979) recomendam IC para a cultura do amendoim, na ordem de 0,25 a 0,35 e Kiniry *et al.* (2005) citam valores encontrados na literatura, variando de 0,33 a 0,62.

A produtividade amostral observada do amendoim foi equivalente a $4,4 \text{ t ha}^{-1}$ em casca e $3,3 \text{ t ha}^{-1}$ em grãos, proporcionando um rendimento médio de 75% de grãos e 25% de casca.

CONCLUSÕES

Diante do exposto foi possível extrair as seguintes conclusões:

1. Nas condições de Botucatu, a cultura do amendoim interceptou, em aproximadamente 105 dias, 628 MJ m^{-2} e absorveu 592 MJ m^{-2} de radiação PAR, acumulando $14,8 \text{ MJ m}^{-2}$ de energia na biomassa e $8,6 \text{ MJ m}^{-2}$ nos grãos;
2. A eficiência média de uso da radiação PAR, pela cultura do amendoim, foi de $1,28 \text{ g MJ}^{-1}$ e a eficiência média de conversão da radiação PAR absorvida pela cultura de amendoim foi de aproximadamente $0,025 \text{ MJ MJ}^{-1}$;
3. O coeficiente médio de extinção da luz (k), em todo o ciclo da cultura do amendoim, foi de 0,66 e o índice de colheita da cultura do amendoim, em base de energia, foi 0,58 com base em energia e 0,41 com base na matéria seca, cuja produtividade amostral observada foi equivalente a $4,4 \text{ t ha}^{-1}$ em casca e $3,3 \text{ t ha}^{-1}$ em grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assunção, H.F., J.F. Escobedo, A. A. G. Silva & I.C. A. Assunção. 2001a. Um modelo agrometeorológico para a estimativa da demanda de água do amendoim. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12, 2001, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.379-380.

Awal, M.A. & T. Ikeda. 2003. Effect of elevated soil temperature on radiation-use efficiency in peanut stands. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.118, p.63-74.

Bell, M.J., G.C. Wright & G.L. Hammer. 1993. Leaf nitrogen content and minimum temperature interaction affect radiation-use efficiency in peanut. *Crop Science*, Madison, v.33, p.476-481.

Benincasa, M.M.P. 2003. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: FCAV-UNESP. 42p.

Collino, D.J., J.L. Dardanelli, R. Sereno & R.W. Racca. 2001. Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. *Field Crops Research*, v.70, p.177-184.

Confalone, A. & D.M. Navarro. 1999. Influência do "déficit" hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.5 n.3, p.195-198.

Doorenbos, J & A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. Rome: FAO. (FAO – Irrigation and Drainage, paper 33). Tradução: Efeito da água no rendimento das culturas; de Gueyi, H. R., A. A Souza, F. A. V. Damasceno & J. F. Medeiros. 1994. Campina Grande, UFPB. 306p.

Driessen, P.M. & N.T. Konijn. 1992. Land-use systems analysis. Wageningen, The Netherlands, 230p.

Gallagher, J.L. & P.V. Biscoe. 1978. Radiation absorption, growth and yield of cereals. *Journal of Agriculture and Sci. Camb.* V.91, p.47-60.

Kiniry, J.R., C.E. Simpson, A.M. Schubert & J.D. Reed. 2005. Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency, and harvest index at three sites in Texas. *Field Crops Research*. v.91, p.297–306.

Marshall, B. & R.W. Willey. 1983. Radiation interception and growth in an intercrop of pearl millet/groundnut. *Field Crops Research*. v.7, p.141–160.

Monteith, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Phil. Trans. Royal Society. London*, v.B281, p.277-294.

Sinclair, T.R. & R.C Muchow. 1999. Radiation use efficiency. *Adv. Agron.* v.65, p.215-265.

Sinha, S.K., S.C. Bhargava & A. Goel. 1982. Energy as the basis of harvest index. *Journal of Agricultural and Science in Cambridge*, v.99, p.237-238.

Tsubo, M., S. Walker & E. Mukhala. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research*, v.71, p.17-29.