



## Eficiência do uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas

Ricardo A. Ferreira Junior<sup>1</sup>, José L. de Souza<sup>2</sup>, Iêdo Teodoro<sup>3</sup>, Gustavo B. Lyra<sup>4</sup>,  
Renan C. de Souza<sup>5</sup> & Renato A. de Araújo Neto<sup>6</sup>

<sup>1</sup> CECA/UFAL, Rio Largo, AL. E-mail: ricardo\_ceca@hotmail.com

<sup>2</sup> ICAT/UFAL, Maceió, AL. E-mail: jls@ccen.ufal.br (Autor correspondente)

<sup>3</sup> CECA/UFAL, Rio Largo, AL. E-mail: iedoteodoro@ig.com.br

<sup>4</sup> IF/DCA/UFRRJ, Seropédica, RJ. E-mail: gblyra@gmail.com

<sup>5</sup> CECA/UFAL, Rio Largo, AL. E-mail: renanibp@hotmail.com

<sup>6</sup> CECA/UFAL, Rio Largo, AL. E-mail: renato.eng.agronomo@hotmail.com

### Palavras-chave:

crescimento de plantas  
radiação fotossintética  
índice de área foliar

### RESUMO

O milho foi cultivado em três sistemas de manejo: i) cobertura de capim; ii) plástico na entrelinha e iii) cultivo tradicional (solo nu). Com o objetivo de determinar a eficiência do uso da radiação (EUR) mediram-se componentes da radiação solar (incidente e transmitida) em dossel de milho. A irradiação fotossintética (HF) incidente foi considerada equivalente a 44% da irradiação solar global. A HF transmitida ( $HF_T$ ) foi estimada utilizando-se a lei de Beer para radiação aplicada a um dossel vegetal ( $HF_T = HF \exp(-k \text{ IAF})$ ), com coeficiente de extinção da luz (k) ajustado de uma função exponencial, que relacionou a fração da  $HF_T$  ( $HF_T/HF$ ) e o índice de área foliar (IAF). A HF interceptada ( $HF_I$ ) foi calculada por diferença ( $HF_I = HF - HF_T$ ). Estimou-se a EUR por meio de regressão linear, forçada a passar pela origem, entre o acúmulo de matéria seca (MS) e a  $HF_I$ . O k foi de 0,628 com coeficiente de determinação de 0,88. A EUR das plantas da parcela coberta com plástico foi de 3,85 g de MS  $MJ^{-1}$  de  $HF_I$ , que mostrou eficiência superior à dos demais tratamentos (solo nu 3,31 g  $MJ^{-1}$  e capim 3,58 g  $MJ^{-1}$ ); entretanto, esta conferiu menor IAF e, conseqüentemente, teve menos  $HF_I$  acumulada, o que resultou na menor produção de MS.

### Key words:

plant growth  
photosynthetic radiation  
leaf area index

### Radiation use efficiency in corn crop in Alagoas

#### ABSTRACT

Maize was cultivated under three management systems: i) mulching (grass cover); ii) plastic cover in the inter rows and iii) traditional cultivation (bare soil). The components of the incident and transmitted solar radiation in a maize canopy were measured in order to determine the radiation use efficiency (RUE). The photosynthetic irradiation (HF) was considered as 44% of the solar global irradiation. The transmitted HF ( $HF_T$ ) was estimated using Beer's law applied to a plant canopy ( $HF_T = HF \exp(-k \text{ LAI})$ ), with the light extinction coefficient (k) by fitting an exponential function, which related the fraction of  $HF_T$  ( $HF_T/HF$ ) and leaf area index (LAI). The intercepted HF ( $HF_I$ ) was calculated by the difference ( $HF_I = HF - HF_T$ ). The RUE was estimated using a linear regression (forced to pass through the origin) between the dry matter accumulation (DM) and  $HF_I$ . The k was 0.628 with the determination coefficient of 0.88. The plants RUE in plots covered with plastic was 3.85 g DM  $MJ^{-1}$  of  $HF_I$ , showing a higher efficiency compared to other treatments (bare soil 3.31 g  $MJ^{-1}$  and grass 3.58 g  $MJ^{-1}$ ). However, this promoted lower LAI and therefore had less accumulated  $HF_I$ , resulting in lower production of DM.

### INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), por apresentar elevado valor nutritivo, é uma das principais culturas cultivadas no mundo sendo utilizado tanto para a alimentação humana como animal. Além do seu uso como fonte de alimento o milho está sendo empregado, recentemente, para a produção de biocombustível (etanol), sobretudo nos Estados Unidos (EUA), sendo uma alternativa para a matriz energética. Devido à sua importância tem-se procurado aumentar a área e a eficiência de produção; no entanto, a cultura é sensível aos elementos meteorológicos e às características edáficas os quais, muitas vezes, definem sua produtividade.

No Brasil esta cultura é plantada em quase todas as regiões. Na safra agrícola 2011/2012, o milho ocupou uma área de aproximadamente 14,7 milhões de hectares, com produção estimada em 60,3 milhões de toneladas. A produtividade média de grãos (safra total) no Brasil foi da ordem de 4.105 kg  $ha^{-1}$  (CONAB, 2011). A produtividade média brasileira está significativamente abaixo do potencial produtivo da cultura, a exemplo das simulações realizadas em Piracicaba, SP, através das quais foram encontrados valores oscilando de 12.475 a 19.113 kg  $ha^{-1}$ , próximos aos alcançados em ensaios de competição de variedades, em outras áreas de São Paulo e do Brasil (Assis et al., 2006). No Nordeste Brasileiro (NEB) e no estado de Alagoas a produtividade média de grãos é ainda

menor que a nacional, de aproximadamente 1.783 e 720 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (CONAB, 2011). Todavia, essas estimativas não representam a realidade de muitas regiões produtoras do NEB, a exemplo da região de Arapiraca (Agreste de Alagoas), em que se tem obtido, em sistemas de produção conduzidos de forma adequada, produtividades superiores a 6.000 kg ha<sup>-1</sup> (Brito, 2009). Nos EUA (maior produtor do Mundo) a média da produtividade de grãos varia entre 2.400 a 8.100 kg ha<sup>-1</sup> em condições de sequeiro e de 8.000 a 11.200 kg ha<sup>-1</sup> para as lavouras irrigadas (Grassini et al., 2009).

O rendimento agrícola de uma região é determinado primeiramente pelas suas características ambientais (meteorológicas e edáficas). Na região semiárida do Nordeste a agricultura é fortemente influenciada pela temperatura do ar e precipitação principalmente pelo fato da maioria dos cultivos na região ser em regime de sequeiro. Entretanto, quando as pesquisas são direcionadas para a busca da produtividade potencial de culturas agrícolas a radiação solar (fonte básica de energia nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas) é a principal variável ambiental (Kunz et al., 2007), quando as exigências por água, nutrição e fitossanidade são satisfeitas. Neste contexto, a mensuração e a determinação dos componentes da radiação solar no dossel de plantas se enquadram sobremaneira nos processos de trocas energéticas da fotossíntese e da evapotranspiração. Logo, a radiação solar é um dos elementos que mais influenciam na determinação das perdas de água e no acúmulo de matéria seca vegetal. A produtividade potencial de culturas agrícolas em vários modelos biofísicos tem, como fundamento, a eficiência no uso da radiação solar (EUR) (Sinclair & Muchow, 1999; Lindquist et al., 2005; Lizaso et al., 2005). A EUR é a relação entre a fitomassa acumulada no tempo e o acúmulo de radiação solar interceptada neste mesmo período pela vegetação (Monteith, 1977).

A utilização de cobertura do solo em plantações agrícolas é uma prática que promove alterações no microclima do cultivo (principalmente pela atenuação da perda de água por evaporação na fase inicial do cultivo) pela diminuição da incidência de radiação solar, além de dissipar a energia de impacto das gotas de chuva com diminuição da erosão (Bezerra & Cantalice, 2006; Lyra et al., 2010). Nas práticas de cobertura do solo tem-se materiais orgânicos (mulching) que é o uso de resíduos vegetais (palha, folhas, serragem, alguns tipos de feno e materiais derivados da compostagem) e materiais sintéticos, como o plástico (plastic mulching) (Mbah et al., 2010).

A região de Arapiraca, mesmo com precipitações anuais médias consideradas baixas (870 mm) e concentradas de maio a agosto (Brito, 2009) é uma região produtora de culturas anuais, com destaque para o milho, mandioca, fumo e algodão porém é restrito o conhecimento das interações dos elementos ambientais principalmente os meteorológicos, com as fases de desenvolvimento dessas culturas, contexto em que este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência no uso da radiação solar (EUR) em cultivos de milho em condição convencional e com coberturas de palha seca e plástico na região de Arapiraca-Alagoas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em um cultivo de milho com área de 6.120,00 m<sup>2</sup> na qual cerca de 60 hectares de milho (comercial) eram cultivados em seu entorno, na região de Arapiraca, Alagoas (9° 38' 35,3" S; 36° 40' 15,5" W; 260 m). A variedade de milho plantada foi a BR 106 da EMBRAPA, com espaçamento de 0,80 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, o que resultou em uma população de 62.500 plantas por hectare. O plantio foi realizado em 04/06/2005, com as linhas de plantio no sentido SW-NE, sendo o cultivo conduzido em regime de sequeiro (sem irrigação). A declividade média da área era de 5% e solo franco-arenoso, com a granulometria na camada superficial (0 - 0,30 m) de 54% de areia, 22,7% de silte, 23,3% de argila e densidade do solo de 1,50 kg dm<sup>-3</sup> (Lyra et al., 2010).

No manejo nutricional foi realizada a adubação de plantio baseada na análise química do solo utilizando-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 66 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 36 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Efetuaram-se, ainda, duas adubações nitrogenadas de cobertura, com 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, aos 21 e 42 dias após o plantio (DAP). Avaliaram-se três tipos de manejo do solo, dois tipos com cobertura do solo, mais o cultivo convencional (solo nu). As coberturas de solo utilizadas foram palha seca (capim elefante - *Pennisetum purpureum* Schumach) triturada em forrageira e sacos de plástico rafia (embalagem descartada de farinha e ração animal). As coberturas foram dispostas nas entrelinhas aos 12 DAP. A cobertura plástica foi disposta de forma côncava para permitir o escoamento da água da chuva para a linha de plantio. A cobertura com capim tinha aproximadamente 0,05 m de espessura; cada tratamento possuía uma área de 64,0 m<sup>2</sup> (8 x 8 m), com duas parcelas por tratamento.

As avaliações biométricas e agrometeorológicas foram realizadas entre junho e outubro de 2005. Semanalmente foram colhidas três plantas de cada tratamento, as quais foram levadas ao laboratório para as avaliações. As plantas foram separadas em folhas, caules e espigas (caso houvesse), acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 72 °C até sua matéria seca (MS) tornar-se constante. No mesmo período foram obtidas, em campo, medidas da máxima largura (L) e comprimento (C), por método não destrutivo, de todas as folhas de dez plantas selecionadas aleatoriamente por tratamento. Obteve-se a área foliar (AF) pelo produto de L, C e o fator de forma foliar de 0,75 (AF = L\*C\*0,75). Este fator foi testado para a mesma variedade de milho (BR 106) em experimento realizado no ano 2000, confirmando a pesquisa original de Montgomery em 1911 (Maddonni & Otegui, 1996). A soma da área de todas as folhas de uma planta representou sua área foliar, que foi dividida pela área do solo (AS) ocupada pela mesma, para se determinar o índice de área foliar (IAF). A variação diária do IAF no ciclo da cultura foi obtida por uma regressão do tipo sigmoidal (modelo de Boltzmann), previamente ajustada aos valores observados de IAF, tendo como variável independente DAP:

$$IAF = \frac{IAF_o + IAF_f}{1 + e^{-(X-X_o)/dx}} + IAF_f \quad (1)$$

em que:

IAF<sub>o</sub> e IAF<sub>p</sub> - valor inicial e final do índice de área foliar (IAF)  
 X - dia após plantio (DAP)  
 X<sub>0</sub> - valor central do DAP  
 dx - faixa do DAP onde os valores de IAF mudam drasticamente

As fases de desenvolvimento foram estabelecidas de acordo com a recomendação de Allen et al. (1998) - Boletim FAO 56 (Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper), em que o ciclo da cultura (126 dias) no estudo foi análogo ao FAO56, com as seguintes fases: inicial - I (04/06/05 a 24/06/05), de crescimento - II (25/06/05 a 29/07/05), intermediária - III (30/08/05 a 07/09/05) e final - IV (08/09/05 a 08/10/05). Os elementos ambientais foram medidos (umidade do solo, precipitação, temperatura e umidade do ar, irradiância solar) ao longo do período da pesquisa com sensores automáticos ligados a um sistema automático de aquisição de dados (CR10X, Campbell Scientific, Logan, Utah), localizado no centro da área de cultivo.

A umidade volumétrica do solo ( $\theta$ , m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) foi obtida com reflectômetros de conteúdo de água (CS616, Campbell Scientific, Logan, Utah) que, instalados na linha de plantio no centro de cada parcela, indicavam a umidade média do solo na camada entre a superfície e 0,30 m de profundidade. As medidas dos períodos de ondas (P,  $\mu$ s) dos reflectômetros foram convertidas para  $\theta$  através de um polinômio de segundo grau ( $\theta = aP^2 + bP + c$ ), obtido do ajuste com umidade gravimétrica do solo da área de estudo, com os seguintes coeficientes:  $a = 0,0027$ ;  $b = -0,08872$  e  $c = 0,75272$  e  $r^2 = 0,987$ . O armazenamento de água no solo (A<sub>L</sub>, mm) foi calculado para todos os tipos de manejo de cobertura de solo (multiplicando-se  $\theta$  pela profundidade, 0,30 m) e sua análise foi para período diário. A água disponível (AD) no solo que corresponde à diferença entre o A<sub>L</sub> na capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PM) foi calculada com valores de CC e PM respectivamente igual a 52,9 e 19,6 mm (Lyra et al., 2010). A CC foi determinada como o A<sub>L</sub> correspondente em dois dias sem chuva após um período consecutivo de sete dias de chuva (total de 99,3 mm) e o PM foi determinado após o período de 20 dias sem chuva, no final do cultivo. A água facilmente disponível (AFD) para a cultura correspondeu a 55% de AD (Allen et al., 1998). A precipitação foi mensurada por um pluviômetro automático (TB3, Hydrological Services PTY. LTD., Sydney, Austrália) e a temperatura do ar por um termohigrômetro (HMP45C, Campbell Scientific, Logan, Utah) instalado a 2,0 m acima da superfície.

A irradiância fotossintética (HF, MJ m<sup>-2</sup>) incidente foi estimada como 44% da irradiância solar global (Hg, MJ m<sup>-2</sup>). Esta fração representa valor médio observado para a região em estudo (Souza et al., 2005). Os dados de Hg foram obtidos pelas integrações da irradiância solar global (Rg, W m<sup>-2</sup>) de um piranômetro (CM3, KIPP & ZONEN, Netherlands) instalado acima do dossel das plantas. A HF interceptada (HF<sub>i</sub>) foi calculada por diferença através da seguinte relação (Varlet-Grancher et al., 1989):

$$HF_i = HF - HF_T \quad (2)$$

em que HF<sub>T</sub> é a HF transmitida, estimada usando-se a equação similar à Lei de Beer:

$$HF_T = HF \exp^{-kIAF} \quad (3)$$

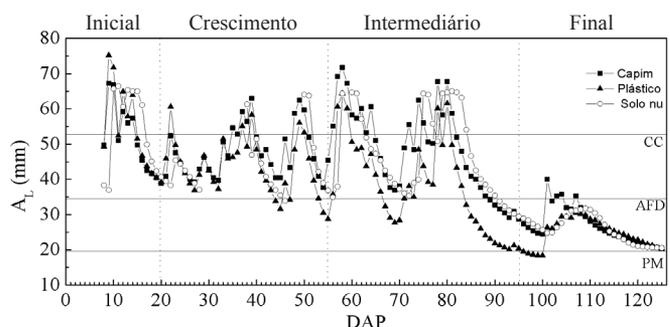
em que:

k - coeficiente de extinção da luz pelo dossel

O k foi obtido em experimentos com a mesma variedade de milho nos anos 2001 e 2002 pelo ajuste de uma regressão exponencial entre a fração da HF<sub>T</sub> ( $fHF_T = HF_T/HF$ ) e o IAF. Os valores de HF<sub>T</sub> resultaram das medidas da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) por um sensor quantum (LI-190SA, Li-COR) disposto abaixo do dossel do milharal que, multiplicado pelo fator 4,6 obteve seu correspondente de irradiância (W m<sup>-2</sup>) ( $1 \text{ W m}^{-2} = 4,6 \mu\text{mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ) (McCree, 1972) e integrado no tempo produziu a irradiância fotossintética transmitida diária. Após a determinação da HF<sub>i</sub> para cada tratamento estimou-se a eficiência do uso da radiação através de regressão linear (forçada a passar pela origem,  $\beta_0 = 0$ ) entre MS acumulada e a HF<sub>p</sub>, no período em que o A<sub>L</sub> não apresentava limitação ao pleno desenvolvimento das plantas (plantio até 84 DAP). A produtividade de grão (kg ha<sup>-1</sup>) foi estimada a partir de uma amostragem de 38,4 m<sup>2</sup> (6 linhas x 8 m), em cada tipo de manejo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O armazenamento de água no solo se manteve na faixa da AFD (0,55 AD) para o manejo com cobertura de capim e com solo nu, nas fases inicial, de crescimento e intermediário, até os 90 DAP (capim) e 92 DAP (solo nu). Para o manejo com cobertura plástica o A<sub>L</sub> se manteve na AFD até os 43 DAP, sofrendo oscilações durante o período até os 83 DAP, quando ficou abaixo da AFD até o final do ciclo (Figura 1). Assim, a cultura não teve limitação de água já que, após este



CC - Capacidade de campo; PM - Ponto de murcha permanente; AFD - Água facilmente disponível

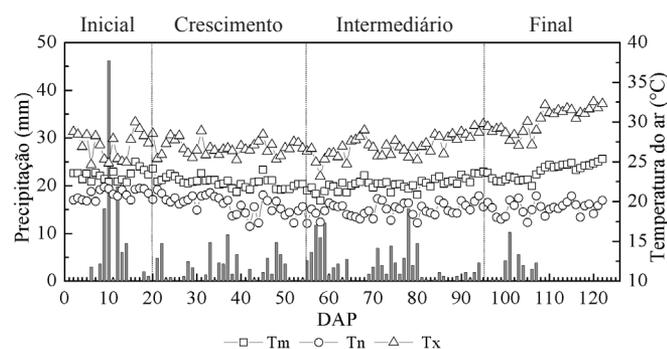
Figura 1. Variações do armazenamento de água do solo (A<sub>L</sub>) no cultivo do milho em função dos dias após plantio (DAP), sob diferentes coberturas de solo na região de Arapiraca-AL

período, se iniciou a fase final correspondente à maturação e senescência.

A precipitação acumulada (chuva total) durante o ciclo foi de 355,9 mm, divididos em 111,3 mm (31,3%), 89,1 mm (25,1%), 125,0 mm (35,1%) e 30,5 mm (8,6%), para as fases de desenvolvimento inicial, de crescimento, intermediária e final, respectivamente (Figura 2). A quantidade de dias com chuva foi de 81 (64,3% do período), sendo distribuídos em uma frequência de 15 dias com chuva na fase inicial (75% da fase), 26 dias na de crescimento (74,3%), 31 dias na intermediária (77,5%) e 9 dias na final (29%). A chuva de maior magnitude durante o ciclo ocorreu aos 10 DAP, que totalizou 46,2 mm. A precipitação acumulada durante o cultivo, ficou abaixo da quantidade mínima citada por Doorenbos & Kassam (1979) que é de 500 mm porém as condições edafoclimáticas da região possibilitam à cultura desenvolver-se e produzir com menor quantidade de chuva ajustando-se com o mínimo (350 mm) citado por Fancelli & Dourado Neto (2004).

A temperatura do ar média diária variou entre 20,1 e 25,7 °C (Figura 2), durante o ciclo da cultura; assim, não ocorreu limitação térmica para o desenvolvimento do milho, cuja faixa térmica adequada ao seu crescimento e desenvolvimento está entre 10 e 30 °C (Warrington & Kanemasu, 1983). A temperatura do ar, do início até a metade do ciclo (63 DAP), apresentou tendência de decréscimo; esta variação foi devida à maior disponibilidade de água no solo no período; com isto, a energia solar foi priorizada para o fluxo de calor latente (evaporação), o que resultou numa energia menor para o fluxo de calor sensível (aquecimento do ar). Mencionada tendência também está associada à maior nebulosidade e, em contrapartida, à menor incidência de energia solar na superfície. Na metade final do ciclo ocorreu o oposto em virtude do fim da estação chuvosa, que aumentou a incidência de energia, redução da nebulosidade e disponibilidade de água no solo o que resultou, então, em maior partição da energia para o aquecimento do ar.

O acumulado de MS serviu para a determinação da EUR em que uma das exigências para esta eficiência é que não ocorra limitação hídrica. Por tanto, a matéria seca acumulada foi avaliada até 84 DAP (Figura 3), período em que o  $A_L$  não



Tn - temperatura mínima; Tm - temperatura média; Tx - temperatura máxima; DAP - dias após o plantio

Figura 2. Temperatura do ar (°C) e precipitação (mm) durante as fases de crescimento da cultura do milho na região de Arapiraca, AL

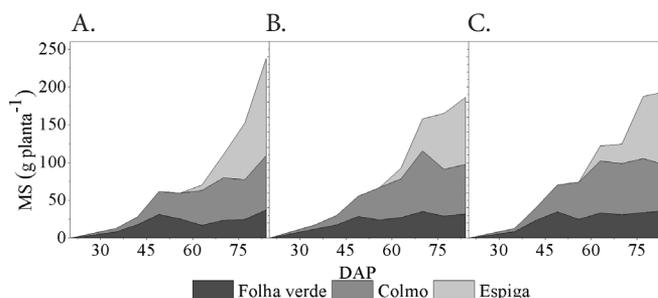


Figura 3. Partição da matéria seca média de uma planta (MS, g planta<sup>-1</sup>) em função dos dias após o plantio (DAP) do milho cultivado com três coberturas de solo na região de Arapiraca, AL: solo nu (A); plástico (B); capim (C)

apresentou limitação ao pleno crescimento e desenvolvimento das plantas. O manejo com solo nu apresentou o maior acúmulo de massa de MS, com 237,8 g planta<sup>-1</sup> (Figura 3A), seguido do solo coberto com capim que acumulou o total de 193,9 g planta<sup>-1</sup> (Figura 3B) e do coberto com plástico, que totalizou 186,3 g planta<sup>-1</sup> (Figura 3C). Durante o período de emergência até 63 DAP (Figura 3) a cultura priorizou seus fotoassimilados para realizar o crescimento do caule e das folhas, indicado pelas partições da MS acumulada aos 63 DAP, com 24,2; 29,4 e 27,3% para folha, 65,5; 55,3 e 56,2% para caule e 10,3; 15,3 e 16,5% para estrutura reprodutiva (espiga) nos tratamentos solo nu, plástico e capim, respectivamente. A cobertura com capim proporcionou maior acúmulo de MS até os 63 DAP e também apresentou valores superiores de IAF ao longo deste período e o máximo IAF entre os tratamentos (3,65 em 63 DAP) enquanto o solo nu e o com cobertura plástica, conferiram IAF máximo de 3,31 e 2,85, respectivamente; apesar disto, o IAF das plantas cultivadas no solo nu foi o que passou maior tempo para decrescer, ou seja, permaneceu mais tempo com folhas verdes para o aproveitamento de energia solar no processo fotossintético; logo, o tratamento com solo nu obteve maior acúmulo de MS no final da análise.

A partir do início da fase intermediária os fotoassimilados foram direcionadas para o desenvolvimento dos órgãos de reprodução, como mostram as partições no final do período de análise, com 54,0; 47,6 e 49,8% para estrutura reprodutiva (espiga), 15,7; 17,2 e 18,6% para folha e 30,3; 35,2 e 31,6% para caule, respectivamente para os manejos solo nu, plástico e capim. O valor diário do IAF ao longo do ciclo da cultura é fundamental para a estimativa da  $HF_T$  (Eq. 4). Pode-se estimar o IAF em função dos DAP (Figura 4) separando-se os dias em duas partes: parte 1 (IAF crescente), de 5 a 63 DAP e parte 2 (IAF decrescente), de 63 a 98 DAP e se utilizando o modelo sigmoidal de Boltzmann. Observa-se, na Tabela 1, que nas duas partes das curvas de ajuste os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) apresentaram valores elevados 0,94 e 0,99. Os valores de IAF foram máximos em torno de 63 DAP para todos os tipos de cobertura do solo. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Tohidi et al. (2012), em que os máximos IAF foram aproximadamente nesta época.

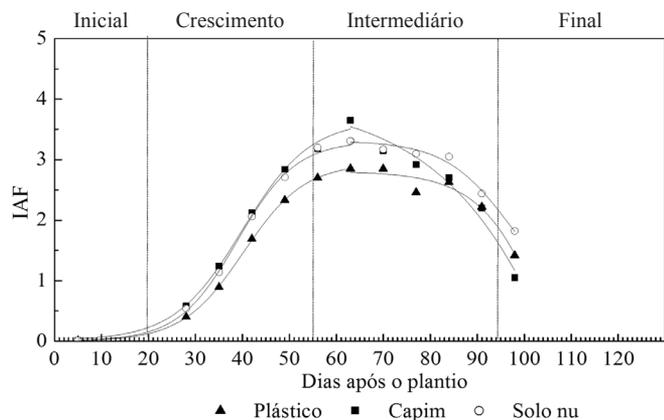


Figura 4. Aplicação do modelo sigmoideal de Boltzmann para ajuste da curva do índice de área foliar (IAF) em função dos dias após o plantio (DAP), em diferentes coberturas de solo na cultura do milho, em Arapiraca, AL

Tabela 1. Parâmetros das equações (Boltzmann) ajustados ao índice de área foliar, IAF diário (Y) da cultura do milho em função dos dias após o plantio, DAP (x) em dois períodos (parte 1 - crescente e parte 2 - decrescente)

Parâmetros da equação	Solo nu		Plástico		Capim	
	P1**	P2***	P1	P2	P1	P2
A <sub>1</sub>	0,00	3,31	-0,01	2,81	-0,06	4,00
A <sub>2</sub>	3,31	0,49	2,94	-5,59	3,37	-22,84
X <sub>0</sub>	38,87	97,16	40,14	110,57	40,16	136,12
dx	6,23	6,87	6,51	7,72	7,92	17,90
r <sup>2</sup>	0,99	0,98	0,99	0,94	0,99	0,97

P1 - Parte 1. P2 - Parte 2

\* Y = [(A<sub>1</sub> + A<sub>2</sub>)/(1 + e<sup>(x-X<sub>0</sub>)/dx</sup>)] + A<sub>2</sub>; \*\* (5-63 DAP); \*\*\* (63-98 DAP)

A variação da irradiação fotossintética incidente e transmitida nos ciclos de cultivo do milho, em função do IAF (experimentos de 2001 e 2002), resultou na equação:  $fHF_T = \exp(-0,628 \text{ IAF})$  e assim um coeficiente de extinção da luz (k) de 0,628. O coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) da equação ajustada foi de 0,88, indicando que a equação explica a maior parte da variabilidade  $fHF_T$  em função do IAF e de k (Figura 5). O valor de k mostrou-se dentro da faixa encontrada por Maddoni & Otegui (1996) cujo fator, numa densidade de sete plantas m<sup>-2</sup> e espaçamento entrelinhas de 0,70, variou de 0,46 até 0,64 para diferentes híbridos. Tohidi et al. (2012) determinaram k variando de 0,52 e 0,69 para diferentes híbridos no Iran.

Tabela 2. Duração das fases de desenvolvimento, irradiação solar global (Hg) e fotossintética (HF); irradiação fotossintética interceptada (HF<sub>i</sub>) e matéria seca (MS) por fases de desenvolvimento do milho, em diferentes coberturas de solo

Fase	Tempo (dias)	Hg	HF	HF <sub>i</sub>			MS		
				Solo nu	Plástico	Capim	Solo nu	Plástico	Capim
				(MJ m <sup>-2</sup> )			(g m <sup>-2</sup> )		
I	20	313,9	138,1	3,8	2,8	4,6	-	-	-
II	35	551,1	242,5	138,0	123,6	143,7	358,5	402,2	445,9
III	40	667,1	297,9	250,8	237,5	244,3	930,8	715,3	717,3
IV	31	667,5	293,7	84,6	36,7	30,4	-	-	-
	84	2199,6	972,2	477,2	400,6	423,0	1289,3	1117,5	1163,2

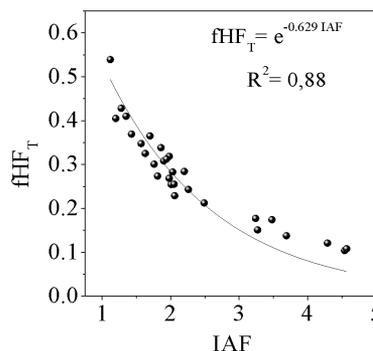


Figura 5. Regressão exponencial entre a fração de irradiação fotossintética transmitida ( $fHF_T$ ) e o índice de área foliar (IAF) para obtenção do coeficiente de extinção da luz

A fase de desenvolvimento intermediária apresentou o maior acúmulo de HF<sub>i</sub> em todos os tipos de cobertura do solo sendo o solo nu o que mais interceptou irradiação fotossintética nesta fase, que foi 250,8 MJ m<sup>-2</sup> (Tabela 2). As frações de HF<sub>i</sub> foram, na mesma fase, 0,84 (solo nu), 0,82 (capim) e 0,80 (plástico). Com valor do IAF igual a 3,0 o manejo com cobertura de plástico apresentou  $fHF_T$  de 0,81 valor este próximo ao encontrado por Madonni & Otegui (1996), em que para o mesmo valor de IAF a fração foi de 0,80.

As plantas de milho cultivadas em solo com cobertura plástica apresentaram EUR de 3,85 g de MS para cada MJ de HF<sub>i</sub> (Figura 6), mostrando eficiência superior à dos demais tratamentos (Solo nu 3,31 g MJ<sup>-1</sup> e Capim 3,58 g MJ<sup>-1</sup>). No entanto, este tratamento conferiu menores valores de IAF durante todo o período usado para avaliar esta eficiência (34 - 84 DAP) e, conseqüentemente,

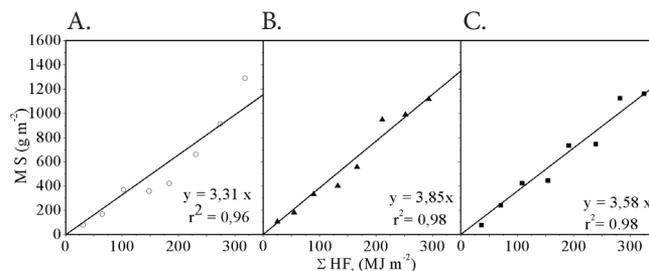


Figura 6. Relação entre a produção de massa seca acumulada (MS, g m<sup>-2</sup>) e a irradiação fotossintética interceptada acumulada (ΣHF<sub>i</sub>, MJ m<sup>-2</sup>) do milho cultivado com três coberturas de solo na região de Arapiraca, AL: solo nu (A); plástico (B); capim (C)

teve menor  $HF_1$  acumulada, o que resultou em uma produção menor de MS. Associados aos valores inferiores de IAF do tratamento com plástico podem estar os mecanismos de defesa da planta a qual reduz a área foliar para evitar as perdas de água pela transpiração já que tal tratamento teve menor  $A_1$  em relação aos outros tratamentos. Os valores da EUR nos manejos deste estudo são similares aos encontrados em outras pesquisas (Kiriny et al., 1989; Cirilo & Andrade, 1994; Lindquist et al., 2005) que variaram de 3,0 a 4,2 g MJ<sup>-1</sup> de MS.

O manejo com cobertura plástica foi o único que apresentou dias com  $A_1$  inferior ao da AFD no período de análise da EUR. Esses dias ocorreram entre as fases de florescimento e formação de grãos que, aliados à menor interceptação de luz, resultaram em produtividade de grãos relativamente menores (4,6 t ha<sup>-1</sup>), enquanto o solo nu e o capim tiveram produtividades de 6,4 e 5,2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### CONCLUSÕES

1. O acúmulo de matéria seca e da irradiação fotossintética interceptada pela cultura do milho mostrou correlações satisfatórias nos tratamentos de solo coberto com capim, coberto com plástico e solo nu.

2. A eficiência do uso da radiação é influenciada diretamente pelo índice de área foliar.

3. As coberturas do solo com capim e plástico não mostram aumento na produtividade em relação ao cultivo convencional (solo nu).

4. De modo geral, as coberturas do solo armazenam água de precipitação que é evaporada antes de infiltrar no solo, com maior contribuição para cobertura de capim.

### AGRADECIMENTOS

Aos CNPq, CT-Hidro/CNPq 504068/03-2, CAPES e FAPEAL.

### LITERATURA CITADA

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes D.; Smith, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 208p. Irrigation and Drainage paper, 56.
- Assis, J. P.; Dourado Neto, D.; Reichardt, K.; Manfron, P. A.; Martin, T. N.; Bonnacerrère, R. A. G. Dados climáticos simulados e produtividade potencial do milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.731-737, 2006.
- Bezerra, S. A.; Cantalice, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.565-573, 2006.
- Brito, J. E. D. Calendário agroclimático para a cultura do milho na região de Arapiraca - AL. Rio Largo: UFAL, 2009. 62p. Dissertação Mestrado
- Cirilo, A. G.; Andrade, F. H. Sowing date maize productivity: crop growth and dry matter partitioning. Crop Science, v.34, p.1039-1043, 1994.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2011. <http://www.conab.gov.br>. 24 Mai. 2012.
- Doorenbos, J.; Kassam, A. H. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations, 1979. 193p.
- Fancelli, A. L.; Dourado Neto, D. Produção de milho, Piracicaba: Livro Ceres, 4.ed., 2004. 306p.
- Grassini, P.; Yang, H. S.; Cassman, K. G. Limits to maize productivity in Western Corn-Belt: a simulation analysis for fully irrigated and rainfed conditions. Agricultural and Forest Meteorology, v.149, p.1254-1265, 2009.
- Kiriny, J. R.; Jones, C. A.; O'toole, J. C.; Blanchet, R.; Cabelguenne, M.; Spanel, D. A. Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. Field Crops Research, v.20, p.51-64, 1989.
- Kunz, J. H.; Bergonci, J. I.; Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Heckler, B. M. M.; Comiran, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1511-1520, 2007.
- Lindquist, J. L.; Arkebauer, T. J.; Walters, D. T.; Cassman, K. G.; Dobermann, A. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. Agronomy Journal, v.97, p.72-78, 2005.
- Lizaso, J. I.; Batchelor, W. D.; Boote, K. J.; Westgate, M. E. Development of a leaf-level canopy assimilation model for CERES - Maize. Agronomy Journal, v.97, p.722-733, 2005.
- Lyra, G. B.; Souza, J. L.; Teodoro, I.; Lyra, G. B.; Moura Filho, G.; Ferreira Júnior, R. A. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca-AL. Irriga, v.15, p.173-183, 2010.
- Maddonni, G. A.; Otegui, M. E. Leaf area, light interception, and crop development in maize. Field Crops Research, v.48, p.81-87, 1996.
- Mbah, C. N.; Nwite, J. N.; Njoku, C.; Ibeh, L. M.; Igwe, T. S. Physical properties of an ultisol under plastic film and no-mulches and their effect on the yield of maize. World Journal of Agricultural Sciences, v.6, p.160-165, 2010.
- McCree, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. Agricultural Meteorology, v.10, p.443-453, 1972.
- Monteith, J. L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, v.281, p.277-294, 1977.
- Sinclair, T. R.; Muchow, R. C. Radiation use efficiency. Advances Agronomy, v.65, p.215-265, 1999.
- Souza, J. L.; Tavares, P. S.; Teodoro, I.; Silva, P. R. T.; Silva Neto, J. L. Irradiância solar global e radiação fotossinteticamente ativa em Maceió, ano 2003. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, 2005, Campinas. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. CD-Rom
- Tohidi, M.; Nadery, A.; Siadat, S. A.; Lak, S. Variables productivity of light interception in grain maize hybrids at various amount of nitrogen. World Applied Sciences Journal, v.16, p.86-93, 2012.

- Varlet-Grancher, C.; Gosse, G.; Chartier, M.; Sinoquet, H.; Bonhomme, R.; Allirand, J. M. Mise au point: Rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. *Agronomie*, v.9, p.419-439, 1989.
- Warrington, I. J.; Kanemasu, E. T. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agronomy Journal*, v.75, p.749-754, 1983.