

## EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA PARA A PRODUÇÃO DE FITOMASSA NO MILHO BR 106

Marcos Antonio Vanderlei Silva<sup>1</sup>, José Maria Nogueira da Costa<sup>2</sup>, Vanda Maria Sales de Andrade<sup>3</sup>, Williams Pinto Marques Ferreira<sup>4</sup>, Luiz Marcelo Aguiar Sans<sup>5</sup>; Evandro Chaves de Oliveira<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Prof. MSc. UNEB, Doutorando em Met. Agrícola-UFV, Viçosa – MG, email: [maavsilva@uneb.br](mailto:maavsilva@uneb.br);

<sup>2</sup>Prof. Titular PhD, UFV, Viçosa – MG, email: [jmncosta@ufv.br](mailto:jmncosta@ufv.br)

<sup>3</sup>Meteorologista MSc., Doutorando em Met. Agrícola-UFV, Viçosa - MG. Email: [vanda007@yahoo.com](mailto:vanda007@yahoo.com)

<sup>4</sup>Meteorologista, Pesquisador III, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, email: [williams@cnpms.embrapa.br](mailto:williams@cnpms.embrapa.br)

<sup>5</sup>Eng. Florestal, Pesquisador III, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, email: [lsans@cnpms.embrapa.br](mailto:lsans@cnpms.embrapa.br)

<sup>6</sup>Meteorologista MSc., Doutorando em Met. Agrícola-UFV, Viçosa – MG, email: [echoliveira@yahoo.com.br](mailto:echoliveira@yahoo.com.br)

**RESUMO:** Objetivando quantificar a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa ( $\alpha$ ), por meio da relação entre a produção de fitomassa com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAI), e testar um modelo de simulação de crescimento para cultura do milho, foi conduzido um experimento irrigado com a variedade BR 106, na área experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo em Sete Lagoas-MG. A eficiência de conversão  $\alpha$  do BR 106, em relação à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada foi de 3,31 g.MJ<sup>-1</sup>. O teste do modelo simplificado de Monteith para cálculo da fitomassa seca apresentou desempenho satisfatório, na estimativa, apresentando um índice de concordância "d", igual a 0,926 e R<sup>2</sup> igual a 0,8599.

**ABSTRACT:** CONVERSION EFFICIENCY OF PHOTOSYNTHETICALLY ACTIVE RADIATION INTO DRY-MATTER IN MAIZE, BR 106.

Aiming at to quantify the conversion efficiency of photosynthetically active radiation (PAR), through the relationship among the dry matter production with the photosynthetically active radiation intercepted (PARI), and to test a model of growth simulation for maize, an experiment was carried out under irrigated conditions with corn BR 106, in the experimental area of EMBRAPA Maize and Sorghum, in Sete Lagoas - MG. It was of 3,31 g.MJ<sup>-1</sup> the efficiency of conversion of BR 106, in relation to the amount of photosynthetically active radiation intercepted accumulated. The test of the simplified model of Monteith for calculation of the dry matter production presented satisfactory results, in the estimate, presenting an agreement "index d", equal to 0,926 and R<sup>2</sup> equal to 0,8599.

**Palavras-Chave:** Modelo, RFA, índice de área foliar, Model, PAR, foliar area index

### 1. INTRODUÇÃO

A capacidade da planta em produzir a biomassa seca está diretamente relacionada com a quantidade de energia luminosa disponível e com a capacidade de aproveitamento dessa energia (COSTA, 1997). A radiação solar interceptada por um cultivo desempenha um papel fundamental no microclima em que as plantas crescem, determinando qual a energia disponível para os processos fisiológicos associados com a produção de fitomassa.

A produção da fitomassa seca da cultura é função da radiação fotossinteticamente ativa e da eficiência de conversão desta, sendo que tal eficiência é um parâmetro utilizado em modelos de simulação para gerar a fotossíntese líquida de uma cultura (CARON et al., 2002). Segundo MÜLLER et al. (2001). É apropriado que as análises de crescimento de plantas sejam baseadas na avaliação da eficiência pela qual a radiação incidente é utilizada no acúmulo da fitomassa, pois notadamente os vegetais autotróficos são sistemas termodinamicamente abertos e, por isso, necessitam de energia solar para sua sobrevivência. A estimativa da produtividade das culturas é uma prática utilizada para potencializar os ambientes e épocas de cultivo. Assim, é comum o uso de modelos que simulam o crescimento das culturas (CARON et al., 2003). Dentre os modelos simplificados que são utilizados para estimar a produtividade das culturas, destaca-se o proposto por MONTEITH (1972), em que a fitomassa produzida é função da radiação solar global incidente, da fração da energia

fotossinteticamente ativa (RFA), da eficiência de interceptação e de conversão em fitomassa seca da RFA no período considerado.

A variedade do milho BR 106 possui menor custo por semente, além de apresentar boa estabilidade de produção e adaptabilidade a todas as regiões brasileiras, resistência ao acamamento e ao ataque das principais pragas (NOCE, 2004). Assim, é um milho ao alcance de todos os produtores brasileiros, independente do seu nível tecnológico, econômico ou social. Apesar da significância dessa variedade, infelizmente inexistem trabalhos relacionados ao estudo específico considerando a modelagem da eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa em fitomassa seca, pois a tendência da agricultura moderna é gerar modelos de simulação de crescimento com objetivo de detectar os fatores que possam limitar o cultivo ou mesmo interferir no potencial produtivo de um determinado cultivar (CARON et al, 2002). Então, o presente trabalho teve por objetivo quantificar a eficiência de conversão da energia interceptada para a produção de fitomassa seca aérea e, a partir dessa eficiência, testar o modelo de simulação de crescimento para a variedade BR 106, crescendo em condições de campo sem restrições hídricas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da EMBRAPA, Sete Lagoas-MG, numa área de pivot com 37 ha, em condição de ausência de limitação hídrica e em sistema de plantio direto. A semeadura foi realizada em 29/09/2007 utilizando a variedade BR 106 de 0,25m entre plantas e 0,7 m entre fileiras. As amostragens para determinação da área foliar da fitomassa total da parte aérea foram realizadas em intervalos de oito dias, aproximadamente, com a coleta de plantas contidas em 0,70 m<sup>2</sup> de terreno. Para a medição de área foliar nessas plantas foi utilizado um planímetro ótico modelo LI 3000A. A fitomassa área total foi colocada em estufa de circulação de ar forçada, à temperatura de 65 °C, até atingir massa constante para, então, ser determinada a fitomassa seca. Os dados de área foliar e de fitomassa total (folha, espiga e colmo), representativos de 0,70 m<sup>2</sup>, foram convertidos para valores correspondentes à área de 1,0 m<sup>2</sup> de terreno, equivalendo, então, ao índice de área foliar (IAF= área foliar/área explorada de solo) e a fitomassa da parte aérea (FSA), respectivamente. Dados meteorológicos como temperatura do ar, radiação solar global incidente, umidade do ar e precipitação pluviométrica foram obtidos por meio de uma estação automática modelo CR23X da marca *Campbel Scientific*, localizada a 250m do experimento, a qual foi programada para coletar e armazenar dados a cada 30 minutos. A radiação fotossinteticamente ativa incidente foi estimada considerando-se como sendo 45% da radiação solar global incidente, conforme sugerido por ASSIS *et al.* (1989).

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada foi calculada a partir da metodologia proposta por VARLET-GRANCHER et al. (1989):

$$RFAI = 0,95(RFAinc)(1 - e^{-KIAF}) \quad (\text{Eq. 1})$$

em que  $RFAI$  é a radiação fotossinteticamente ativa interceptada em MJ.m<sup>-2</sup>; “K” é o coeficiente de extinção, adimensional; IAF é o índice de área foliar;  $RFAinc$  é a radiação fotossinteticamente ativa incidente, MJ.m<sup>-2</sup>. O valor do parâmetro K de acordo com BARROS (1998) é de 0,65 para o milho.

Para a estimativa da produção de FSA foi utilizada a equação proposta por MONTEITH (1977):

$$FSA = \alpha \Sigma RFAI \quad (\text{Eq. 2})$$

em que  $\alpha$  é a eficiência de conversão da radiação RFAI em fitomassa seca produzida.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O IAF diário foi obtido por meio de equações ajustadas por análise de regressão entre o IAF e a data da amostragem em relação a emergência. A curva do IAF mostrou-se crescente até atingir um ponto de máxima e decresceu em função da senescência das folhas basais, sendo esse comportamento atribuído, possivelmente, ao auto-sombreamento (Figura 1). BORRÁS et al., (2003) retratou tendência semelhante em experimento com milho para diferentes populações. No presente estudo, apesar de o *stand* final de 55.000 plantas por hectares estar acima do uso comum para o BR 106, observou-se que os valores de IAF estiveram no patamar das médias encontradas pelos ensaios nacionais, influenciando na conversão da energia solar em fitomassa, por meio da fenologia regular da área foliar.

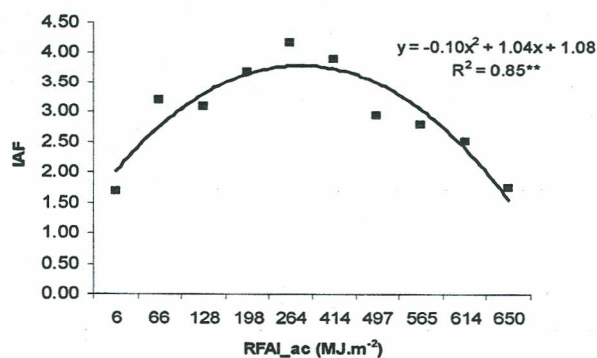


Figura 1. Relação entre o índice de área foliar do BR 106 e a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAI\_ac). A linha cheia representa os valores ajustados e os marcadores “■” representam os valores observados do IAF.

Segundo CARON et al., (2002) a eficiência  $\alpha$  pode ser calculada por meio da regressão linear entre a FSA e a RFAI\_ac (radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada) envolvida na produção da fitomassa. O valor de  $\alpha$ , dado pelo coeficiente angular, representa a quantidade de fitomassa formada para cada unidade de energia interceptada. Por meio da Figura 2 observa-se uma relação linear positiva entre FSA e a RFAI\_ac apresentando um padrão de resposta crescente de fitomassa seca em função do acréscimo da radiação fotossinteticamente ativa. O BR 106 possui alto potencial para converter a RFAI em fitomassa com uma eficiência de conversão de  $3,31 \text{ g.MJ}^{-1}$ , e um coeficiente de determinação de aproximadamente 0,82. Essa afirmação fundamenta-se devido a esse valor ser superior ao potencial proposto por GOSSE et al., (1986), para a cultura do milho, o qual é de  $2,49 \text{ g.MJ}^{-1}$ . Não obstante, a eficiência de conversão do BR 106 é semelhante às registradas nos trabalhos desenvolvidos por KINIRY et al., (1989), de  $3,5 \text{ g.MJ}^{-1}$  e CIRILO e ANDRADE (1994), de  $3,3 \text{ g.MJ}^{-1}$ , estando abaixo de  $4,0 \text{ g.MJ}^{-1}$ , encontrada por KUNZ et al., (2007) para espaçamento semelhante. Ressalta-se, porém, que a eficiência de conversão pode variar entre os subperíodos do desenvolvimento da cultura. MÜLLER et al., (2001) verificaram que, para o milho, a eficiência de conversão foi de  $1,71 \text{ g.MJ}^{-1}$ , para a emergência até a nona folha expandida, e de  $3,58 \text{ g.MJ}^{-1}$ , para o final do subperíodo vegetativo até o enchimento de grãos.

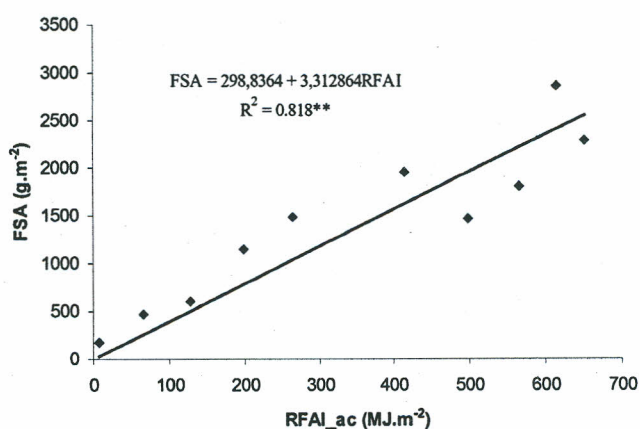


Figura 2. Produção de Fitomassa seca total da parte aérea (FSMac), em razão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAI\_ac) do BR 106. :

Na Figura 3a podem ser observados os resultados da fitomassa seca total da parte aérea, observados e simulados pelo modelo simplificado de Monteith, utilizando  $\alpha = 3,31 \text{ MJ.m}^{-2}$ , em função dos DAE (dias após a emergência). Para a avaliação do desempenho do modelo, utilizou-se análise de regressão, envolvendo coeficiente de correlação (precisão) e o índice “d”, de concordância (exatidão), proposto por WILLMOTT et

al., (1985). De maneira geral, o desempenho do modelo apresentou tendência de subestimativa da produção de fitomassa seca. O decréscimo aos 96 DAE se deu em função da variação temporal no aparecimento dos órgãos reprodutores do BR 106 que é característico de uma variedade. Verifica-se, porém, que, tanto a precisão, com um valor de 0,955, como a exatidão, com 0,926, foram muito bons entre os valores simulados e os observados experimentalmente. Com 0,859 o parâmetro  $R^2$  da regressão linear indica um bom ajuste dos valores estimados pelo modelo simplificado de *Monteith* (Figuras 3b).

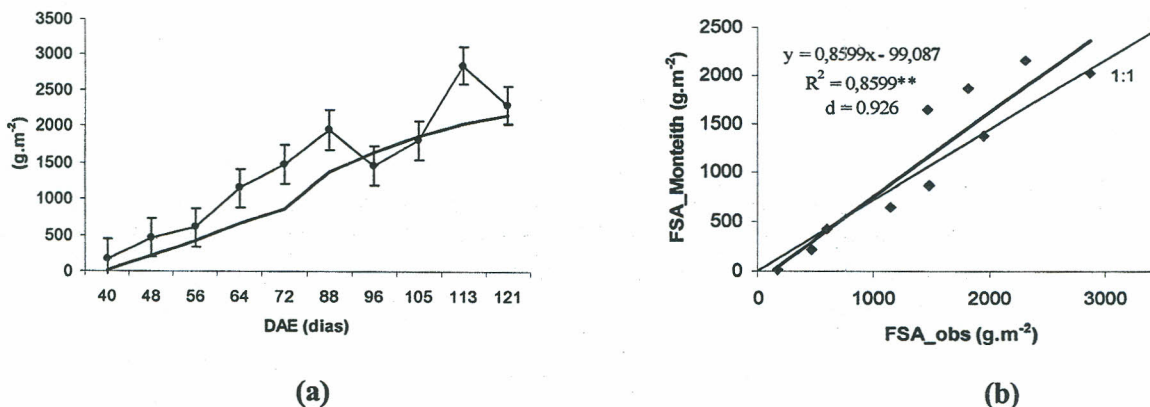


Figura 3. a) Fitomassa seca aérea, FSA, observada (—◆—) e estimada (—) do milho BR 106; b) Análise de regressão da Fitomassa seca aérea (FSA) observada e estimada.

#### 4. CONCLUSÕES

A eficiência de conversão de fitomassa  $\alpha$ , da variedade BR 106, em relação à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada, apresentou-se próxima aos valores médios observados pela cultura do milho em diversos ambientes. Observou-se um desempenho satisfatório, do modelo simplificado de *Monteith*, no teste para o cálculo estimativo da fitomassa seca utilizando o valor do coeficiente  $\alpha$ .

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à EMBRAPA Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG) pelo apoio técnico e logístico na condução do presente trabalho.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F.N., MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 2, n. 7, p. 797-800, 1989.

BORRÁS, L.; MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research*, v.82, p.13-26, 2003.

CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MEDEIROS, S. L. P.; HELDWEIN, A. B.; MAFRON, P. A. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.10, n.2, p.215-219, 2002.

CARON, B. O.; MEDEIROS, S. L. P., MAFRON, P. A., SCHMITS, D., BIANCHI, C.; POMMER, S. F. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de alface. fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.11, n.2, p.261-268, 2003.

CIRILO, A.G., ANDRADE, F.H. Sowing date maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science*, Madison, v. 34, p. 1039- 1043, 1994.

COSTA, L.C. Modelagem e simulação em agrometeorologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997. **Suplemento dos anais**. Piracicaba: SBA, 1997. p3-6.

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.

GOSSE, G., VARLET-GRANCHER, C., BONHOMME, R. Et al. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v. 6, p. 47-56, 1986.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I, BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. H. HECKLER; B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.42, n.11, p.1511-1520, nov. 2007

KINIRY, J.R., JONES, C.A., O'TOOLE, J.C. et al. Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, p. 51-64, 1989.

MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal Applied Ecology**, London, v. 9, p. 747-766, 1972.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production en Britain. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, London, n. 281, p. 277-294, 1977.

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 LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001. Fortaleza, CE, **Anais...**, Fortaleza : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 565-566.

NOCE, M. A. Milho Variedade BR 106 Técnicas de Plantio. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2004. 5p. (EMBRAPA-CNPMS. **Comunicado Técnico**, 109).

VARLET-GRANCHER C. GOSSE, G. ; CHARTIER, M. et al. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 419-439, 1989

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research-Oceans**, Ottawa, v. 90, p. 8995-9005, 1985.