

# MODELO AQUACROP (FAO): SIMULAÇÃO DO RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA TRANSGÊNICA

ALESSANDRO FERRONATO<sup>1</sup>, SUSAN D. FERRONATO<sup>2</sup>, JOSÉ H. CAMPELO JÚNIOR<sup>3</sup>

1 Eng. Agrônomo, Prof. do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG, Curso de Engenharia Ambiental, Várzea Grande – MT, Fone: (65) 3688-6215, [aleferro@gmail.com](mailto:aleferro@gmail.com)

2 Eng. Agrônoma, Acadêmica de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá – MT

3 Eng. Agrônomo, Professor Titular Doutor, Departamento de Solos e Engenharia Rural, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**Resumo** - Este estudo teve como objetivo utilizar o modelo AquaCrop para simular a produção de grãos da cultura da soja TMG 115 RR, em sistema irrigado, e comparar a simulação com medidas de campo. Os dados da cultura foram obtidos em experimento de campo entre 2007 e 2008. O rendimento de grãos foi obtido na fase fenológica V9. Os dados meteorológicos utilizados no modelo AquaCrop foram a temperatura máxima e mínima do ar, a precipitação e a evapotranspiração de referência, e também foi calculado alguns parâmetros específicos do usuário para a cultura utilizando dados do primeiro cultivo. Outros parâmetros da cultura, considerados conservativos, foram utilizados como padrão. As variáveis de entrada do solo foram a condutividade hidráulica, a capacidade de campo, o ponto de murcha permanente, a umidade volumétrica e a densidade global. A avaliação do desempenho do modelo foi feita através da raiz quadrada do erro médio, do coeficiente de eficiência, do índice de concordância de Willmott e do índice de confiança.

**PALAVRAS-CHAVE:** água, simulação, Willmott

Abstract –

**KEYWORDS:** water, simulation, Willmott

## Introdução

A utilização de modelos em estudos agronômicos permite estabelecer relação entre os conhecimentos sobre os processos fisiológicos que determinam o rendimento e os fatores de manejo como a nutrição de plantas, a irrigação, a rotação de culturas e ao manejo do solo (Goudriaan; van Laar, 1994). Observou-se então o surgimento de modelos caracterizados como agronômicos ou de engenharia, os quais pretendem ser funcionais para a tomada de decisões no nível dos agricultores, baseando-se na relação de teorias bem estabelecidas com relações empíricas robustas (Steduto et al., 2009).

O modelo de crescimento AquaCrop, foi proposto como uma ferramenta de fácil utilização para diversos usuários interessados na estimativa do crescimento em fitomassa e no rendimento de culturas, através de reduzido número de parâmetros que facilitam a calibração e utilização para diferentes culturas e estratégias de manejo. Este modelo teve seus conceitos e princípios descritos por Steduto et al. (2009).

Diversos trabalhos realizados em locais com características climáticas diversas estimaram o crescimento e a produção de culturas utilizando o AquaCrop (Hsiao et al., 2009; Todorovic et al., 2009), apresentando resultados semelhantes a outros modelos, como o Cropsyst e o WOFOST, com a conveniência da utilização de reduzido número de parâmetros de entrada.

O presente estudo teve como objetivo utilizar o modelo AquaCrop para simular a produção de grãos da cultura da soja TMG 115 RR, em sistema irrigado, bem como comparar as simulações com medidas de campo.

## Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no campo experimental do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG em Várzea Grande, MT (latitude 15° 38,65' S; longitude 56° 05,92' W; altitude 192 m) durante o período de 2007 a 2009, em uma área de 1500 m<sup>2</sup> cultivada com soja sob irrigação por gotejamento. O solo da área experimental é um argissolo vermelho amarelo distrófico, de textura arenosa/média, com perfil profundo (> 2,0 m).

O rendimento de grãos foi obtido pela relação entre a massa de grãos coletados em seis áreas de um metro, em três ciclos da cultura durante o período de estudo.

### *Parâmetros do Modelo e Dados de Entrada*

#### Dados meteorológicos e de solo

O modelo AquaCrop utiliza valores diários de temperatura máxima e mínima do ar para cálculos dos graus dia de crescimento, bem como a evapotranspiração de referência e a precipitação. A evapotranspiração de referência diária foi calculada pelo procedimento recomendado pelo modelo AquaCrop, usando a equação de Penman-Monteith FAO conforme descrito em Allen et al. (2006), a partir de dados diários de radiação solar global, temperatura máxima e mínima, velocidade do vento e umidade relativa máxima e mínima.

As variáveis de entrada do solo foram a condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ ), umidade volumétrica de saturação ( $\Theta_{sat}$ ), capacidade de campo ( $\Theta_{CC}$ ) e ponto de murcha permanente ( $\Theta_{PMP}$ ) (Tabela 1). Os valores destas variáveis foram obtidos pelo ajuste do modelo proposto por Van Genuchten (1980) aos dados obtidos através da mesa de tensão e sobre placa de pressão de Richards (panela de pressão).

TABELA 1. Características físico-hídricas do solo da área experimental\*. UNIVAG, Várzea Grande – MT, 2011.

Camada (cm)	$\Theta_{CC}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$\Theta_{PMP}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	Da (g cm <sup>-3</sup> )	CAD (mm)	$\Theta_{sat}$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	$K_{sat}$ (mm d <sup>-1</sup> )
0-30	0,1341	0,0547	1,83	23,8	0,4168	2021,0
30-60	0,1414	0,0850	1,72	16,9	0,4122	1501,0
60-90	0,1321	0,0847	1,55	14,0	0,4510	963,0

\*  $\Theta_{CC}$  – Umidade volumétrica na capacidade de campo;  $\Theta_{PMP}$  – Umidade volumétrica no ponto de murcha permanente; Da – Densidade aparente do solo; CAD – Capacidade de água disponível;  $\Theta_{sat}$  – Umidade volumétrica de saturação;  $K_{sat}$  – Condutividade hidráulica saturada.

### *Análise dos Dados*

O desempenho do modelo foi avaliado utilizando-se os parâmetros estatísticos que seguem:

a) raiz do quadrado médio do erro (RMSE), calculado com a Equação 1.

$$RMSE = \sqrt{1/(N) \cdot \sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2} \quad (1)$$

b) coeficiente de eficiência (E), que é calculado com a Equação 02.

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

c) índice de concordância (d) de Willmott (1982), calculado pela Equação 3.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (3)$$

d) índice de confiança (c), calculado pela Equação 4.

$$c = d \cdot r \quad (4)$$

Onde  $S_i$  e  $O_i$  são valores simulados e observados (medidos) em amostras obtidas ao longo da estação de crescimento (fitomassa e ETc), ou no fim da estação (rendimento de grãos),  $N$  é o número de observações,  $\bar{O}$  é o valor médio dos valores observados, e  $r$  é o coeficiente de correlação de Pearson.

O *RMSE* na Equação 1 representa o desvio médio entre os valores observados (medidos) e simulados, sendo assim um indicador da incerteza absoluta do modelo. Ele apresenta a mesma unidade dos dados analisados, e quanto mais próximo de zero melhor é o desempenho da simulação do modelo.

O coeficiente de eficiência ( $E$ ), na Equação 2, expressa a proporção do desvio total entre os valores observados e simulados oriunda do desvio total entre os valores observados ( $O_i$ ) e sua média ( $\bar{O}$ ). O  $E$  é adimensional, e pode assumir valores variando de  $-\infty$  a  $+1$ , e, quanto mais próximo de  $+1$  melhor é a eficiência do modelo de simulação.

O índice  $c$  foi classificado conforme o descrito em Camargo e Sentelhas (1997).

## Resultados e Discussão

O período da semeadura à colheita apresentou duração de 128 dias. A duração deste período está condizente com o que é relatado para esta cultivar em semeaduras de 1 a 30 de novembro (Fundação Mato Grosso, 2009).

A análise estatística demonstrou resultado satisfatório para a simulação do rendimento de grãos pelo modelo AquaCrop, conforme pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 5. Análise estatística para a avaliação do desempenho do modelo AquaCrop na predição do rendimento final da cultura da soja TMG 115 RR. Várzea Grande, MT, 2011.

<i>RMSE</i> (kg ha <sup>-1</sup> )	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>c</i>	Classificação
515,31	0,99	1,00	0,87	Ótimo

O rendimento médio de grãos observado foi de 4682 kg ha<sup>-1</sup>, e o simulado foi de 4362 kg ha<sup>-1</sup>.

Todorovic et al. (2009) estudando os modelos AquaCrop, CropSyst e WOFOST, na simulação do crescimento da cultura do girassol em diferentes regimes hídricos no sul da Itália, encontraram resultados de estimativa de rendimento de grãos razoáveis em todos os modelos, embora resultados ligeiramente melhores foram obtidas pelo modelo AquaCrop. O *RMSE* e a concordância encontrados pelos pesquisadores com este modelo para o rendimento foi 700 kg ha<sup>-1</sup> e 96%, respectivamente, apresentando, portanto, desempenho inferior ao

obtido com a cultura da soja no presente trabalho.

## Conclusão

Com base neste estudo, conclui-se que o modelo AquaCrop possui ótimo desempenho na estimativa do rendimento de grãos da cultura de soja.

## Referências Bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evaporación del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura e La Alimentación – FAO, 2006. 299p.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

GOUDRIAAN, J.; van LAAR, H. H. **Modelling potencial crop growth processes**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. 239p.

HSIAO, T. C.; HENG, L.; STEDUTO, P.; ROJAS-LARA, B.; RAES, D.; FERERES, E. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for Maize. **Agronomy Journal**, v.101, n.3, p.448-459, 2009.

STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; RAES, D.; FERERES, E. AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. **Agronomy Journal**, v.101, n.3, p.426-437, 2009.

TODOROVIC, M.; ALBRIZIO, R.; ZIVOTIC, L.; ABI SAAB, M-T.; STOCKLE, C.; STEDUTO, P. Assesment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of Sunflower growth under different water regimes. **Agronomy Journal**, v.101, n.3, p.509-521, 2009.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorology Society**, v.63, p.1309-1313, 1982.