

# SIMULAÇÃO DE FLORESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DE MILHO ATRAVÉS DO MODELO CERES – *Maize*

## Mayze yield and flowering date simulation by using CERES - *Maize* Model

Carlos Maurício Paglis<sup>1</sup>, Renzo Garcia Von Pinho<sup>2</sup>

### RESUMO

A utilização dos computadores na agricultura tem trazido inúmeros benefícios ao empresário rural. Entre tais benefícios, a utilização de programas de computador para simular o crescimento e desenvolvimento de plantas; bem como o seu uso na otimização de práticas culturais, tem se mostrado como uma opção. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o programa CERES-*Maize* na simulação do florescimento e produção de milho (*Zea mays* L.), em diferentes cenários de investimento. Os resultados das simulações com o programa CERES-*Maize* mostraram que as diferenças entre as produções simuladas, comparadas com os dados obtidos em campo, estão entre os limites de 5% a 8% de erro, aceitáveis pelo programa. A mesma tendência foi verificada entre os valores observados e simulados para os dias de florescimento, em todos os cenários. O programa CERES-*Maize* mostrou-se bastante robusto e eficiente nas simulações efetuadas. O uso desse programa pode ser visto como uma ferramenta adicional ao produtor no processo decisório, durante o planejamento da implantação da cultura.

**Termos para indexação:** Simulação, CERES-*Maize*, suporte à decisão, milho, produção, *zea mays*.

### ABSTRACT

The use of computers in agriculture has brought several benefits to the farmers. Among these benefits, the use of crop models to simulate plant growth and development, as well as a tool for optimization process and decision support aid, has been an option. The aim of this study was to evaluate the efficiency of Ceres-*Maize* model to simulate maize flowering date and yield at different investment scenarios. Simulation results showed that the difference between simulated and observed yield data were in the 5% and 8% error range, acceptable for the program. The same tendency was observed when comparing flowering dates in all scenarios. The model was very efficient and suitable for all of the simulations performed. Without any doubt CERES-*Maize* may be used as a tool, by farmers, in the crop planning process.

**Index terms:** Simulation, CERES-*Maize*, decision support, yield, maize, *zea mays*.

(Recebido em 10 de agosto de 2006 e aprovado em 3 de março de 2008)

### INTRODUÇÃO

Uma previsão acurada da produção agrícola sempre foi o objetivo principal de vários pesquisadores e daqueles que estão envolvidos diretamente na tomada de decisões e implantação de políticas governamentais (HODGES et al., 1987; LIU et al., 1989; MOEN et al., 1994).

No processo de previsão da produção, podem ser utilizados modelos estatísticos e programas de computador especificamente desenvolvidos. Os modelos estatísticos são baseados em dados de produção coletados durante anos ou mesmo em informações obtidas durante a safra em curso, e podem resultar em dados questionáveis quanto à estimativa da produção agrícola. Isso ocorre em razão desses modelos não levarem em consideração o ataque de pragas e doenças e os eventos anômalos como: excesso de chuvas, inundações, secas, e variações extremas das

condições climáticas (JAME & CURTFORTH, 1996; LIU et al., 1989), que afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas em campo.

Os programas de computador, por sua vez, são desenvolvidos na tentativa de se obterem dados mais confiáveis na simulação da produção. Esses programas foram desenvolvidos levando-se em consideração a fisiologia da planta, como sendo afetada por diferentes condições de clima; as variações de solo; as características genéticas da planta e mesmo as práticas de manejo adotadas (HODGES et al., 1987; MOEN et al., 1994; WHISLER et al., 1986).

Um dos programas que temos disponível é o modelo genérico CERES - *Crop Environment Resource Synthesis*. É um programa desenvolvido para simular o crescimento e desenvolvimento de várias culturas, especificamente

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, PhD – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – paglismau@ufla.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor – Departamento de Agricultura/DAG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – renzo@ufla.br

gramíneas como trigo, milho, sorgo, crescendo em diferentes ambientes (JONES & KINIRY, 1986).

No Brasil, a diversidade de condições climáticas e de solo, bem como a importância econômica da cultura do milho, faz desse modelo uma ferramenta extremamente útil na estimativa da produção. Isso porque essa cultura é plantada em todo território nacional e pelo fato dos agricultores tomarem decisões tendo como base a data de semeadura, taxas de aplicação de fertilizantes, quantidade de água aplicada durante a irrigação, entre outras (FANCELLI, 2003; SOLER, 2000). Nesse caso, a meta final dos produtores é maximizar lucros e benefícios e minimizar riscos associados ao processo produtivo (KINIRY, 1997).

Objetivou-se, nesse trabalho, avaliar a utilização do modelo CERES-*Maize* na simulação da produção e florescimento do milho (*Zea mays* L.), tendo como base diferentes níveis tecnológicos adotados por produtores na cultura.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram simulados diferentes cenários de aplicação de fertilizantes tendo como base resultados experimentais obtidos no campus da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Foram considerados cenários com baixo investimento, alto investimento e situações intermediárias.

#### Dados Experimentais

O experimento foi implantado numa área em Latossolo Vermelho Escuro (Oxisol). Dois ensaios foram estabelecidos com diferentes doses de fertilizantes. No primeiro ensaio, baixo investimento tecnológico, foram aplicados 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 8:28: 16 (N,P, K) + 0,5% de Zn na semeadura. No segundo ensaio, alto investimento, foram aplicados na semeadura 500 kg.ha<sup>-1</sup> da mesma fórmula. Os dois tratamentos receberam uma adubação de cobertura, 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 30:0: 20 (N,P, K), quando as plantas apresentaram de 4 -5 folhas. Uma segunda adubação de cobertura (plantas com 6-7 folhas) foi aplicada somente no segundo ensaio, na dose de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia. Nos dois ensaios, a semeadura ocorreu em 04 de novembro de 2004 e foram utilizados dois híbridos, o GNZ2005 e o FRP25. O espaçamento adotado foi o de 0,8 m entre fileiras objetivando-se um stand final de 50-55 mil plantas no primeiro ensaio e de 60-65 mil plantas no segundo ensaio.

Durante o período de crescimento da cultura, foram coletadas as datas de florescimento dos híbridos, e na fase de colheita foi medida a produção de cada um.

#### Descrição do Modelo

A versão padrão do programa CERES-*Maize* simula os efeitos do genótipo, do clima e das propriedades físicas e químicas do solo, no crescimento e produção do milho (JONES & KINIRY, 1986; KINIRY, 1997; LIU et al., 1989). A simulação é baseada em conhecimentos quantitativos como a influência de componentes genéticos e climáticos no desenvolvimento fenológico da planta; crescimento e expansão de colmos, raízes e folhas; acúmulo e partição de biomassa; e ainda, uso eficiente de água pela planta. Para simular o crescimento do milho e calibrar o modelo são necessários dados diários de temperatura máxima e mínima, de radiação solar e de precipitação (JONES & KINIRY, 1986; KINIRY, 1997; LIMA, 1995; SOLER, 2000). Dados de solo como água disponível, taxas de infiltração e evaporação, escoamento superficial, albedo, densidade, teores de matéria orgânica, teores de argila e areia também são utilizados pelo modelo. Parâmetros da cultura incluem o híbrido, unidades calóricas, sensibilidade ao fotoperíodo, datas de florescimento, número potencial de grãos por espiga, taxas de crescimento potencial dos grãos e dados de produção (JONES & KINIRY, 1986).

#### Parâmetros de entrada do modelo

Os dados de temperatura, chuva e radiação solar foram coletados na estação agroclimatológica da Universidade Federal de Lavras. Os dados de solo foram obtidos, a partir de amostras coletadas na área, e analisados pelo Departamento de Ciências do Solo da Universidade. A Tabela 1 indica os parâmetros de solo utilizados durante a simulação.

#### Calibração do modelo

Os componentes genéticos utilizados pelo modelo durante a simulação foram, P1: graus-dia entre a emergência das plantas e o final do estágio juvenil; P2: coeficiente de sensibilidade ao fotoperíodo; P5: graus-dia entre o florescimento e o ponto de maturidade fisiológica (PMF); G2: número potencial de grãos por planta; e G3: taxa potencial de crescimento de grãos (JONES & KINIRY, 1986). Esses componentes foram calibrados com o objetivo de adequá-los às condições experimentais. A calibração consistiu em se manter P2 com um valor fixo igual a 0,5, cujo valor é típico para híbridos tropicais. O valor de P1 foi ajustado até as datas estimadas de florescimento ficarem próximas às observadas. Com o valor de P1 estabelecido, ajustou-se P5 até as datas observadas para o ponto de maturidade fisiológica. A partir desses dados os valores de G2 e G3 foram obtidos, pelo mesmo processo, até a produção ficar próxima à produção observada.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo, na área experimental.

Albedo	0,14
Coefficiente de evaporação do solo (mm)	9,0
Escoamento superficial (CN2)	89,0
Teor de matéria orgânica do solo (%)	3,3
pH em água	5,4
Fósforo ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )	11,1
Potássio ( $\text{mg.dm}^{-3}$ )	95,0
C.T.C efetiva ( $\text{cmol.dm}^{-3}$ )	3,2
C.T.C – pH 7,0 ( $\text{cmol.dm}^{-3}$ )	6,4
Teor de argila (%)	44,5
Teor de silte (%)	20,0
Conteúdo de água – limite superior (%)	36,0
Conteúdo de água – limite inferior (%)	20,0

### Cenários para Simulação

Os cenários foram estabelecidos tendo como base os dados experimentais. A partir do primeiro ensaio, baixo investimento ( $300 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), três diferentes doses de fertilizantes, 350, 400 e  $450 \text{ kg.ha}^{-1}$  foram incluídas na simulação. Assim, considerando-se os dados do ensaio de alto investimento ( $500 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), cinco diferentes cenários foram simulados no total, o que representa possíveis decisões que um produtor pode tomar no plantio com relação à qual taxa de fertilizante deve ser aplicada.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa *CERES-Maize* foi calibrado, tendo como base os dados de florescimento e de produção reais provenientes dos ensaios. É importante ressaltar que a calibração foi efetuada para os híbridos somente no primeiro ensaio, baixo investimento. Uma vez determinados os componentes genéticos, os mesmos foram utilizados para os demais cenários, com o objetivo de testar a robustez do modelo.

A Tabela 2 apresenta os valores calibrados para os híbridos no ensaio baixo investimento. Os valores obtidos foram adequados e são compatíveis com os valores encontrados em outros trabalhos publicados (ANDRADE et al., 2000; FRAISSE et al., 2001; LIU et al., 1989; MOEN et al., 1994).

Os dados de florescimento e produção medidos durante o crescimento e desenvolvimento da cultura são apresentados na Tabela 3. Observa-se que a produção do híbrido GNZ2005 foi levemente inferior ao híbrido FRP25, na condição de baixo investimento. Já para o ensaio de alto investimento a situação se inverte, onde a menor

produção foi verificada para o híbrido FRP25. As datas de florescimento observadas foram iguais, com exceção para o híbrido FRP25, alto investimento, que floresceu com 74 dias. Análises estatísticas dos valores da Tabela 3, teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, indicaram que os dados de produção não diferem entre si, o mesmo ocorreu para os dados de florescimento.

No entanto, mesmo esses valores tendo sido considerados estatisticamente iguais, a simulação mostrou que o modelo *CERES-Maize* respondeu ao incremento nas doses de fertilizantes para os vários cenários adotados e para ambos os híbridos (Tabela 4). Quando comparados os dados simulados e observados para a dose de  $500 \text{ kg.ha}^{-1}$ , no híbrido GNZ2005, verificou-se que o modelo superestimou a produção em aproximadamente  $600 \text{ kg.ha}^{-1}$ . Já, para o híbrido FRP25, a simulação na condição de alto investimento, indica um erro maior, cerca de  $1100 \text{ kg.ha}^{-1}$  na produção. Esse erro pode estar associado à dose de uréia (toxidez), uma vez que foi aplicada muito próxima da primeira cobertura. Já as diferenças entre as produções simuladas e as observadas para a dose de  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$ , baixo investimento, nos dois híbridos não foram significativas. Os valores superestimados pelo modelo para os dois híbridos estão dentro dos limites de 5% a 8% aceitáveis e propostos pelos autores do programa (JONES & KINIRY, 1986; KINIRY, 1997).

Com relação ao florescimento, quando comparadas às datas simuladas com as observadas, verifica-se uma diferença de apenas um dia para os dois híbridos, nos dois níveis de investimento (baixo e alto). Diferenças como essas foram relatadas por outros autores em condições semelhantes e são plenamente aceitáveis (FRAISSE et al., 2001; LIU et al., 1989; MOEN et al., 1994; XIE, 2001).

Tabela 2 – Valores calibrados para os componentes genéticos utilizados durante a simulação.

Híbridos	P1	P2	P5	G2 (grãos.espiga <sup>-1</sup> )	G3 (mg.grãos <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )
GNZ2005	320	0,5	1000	780	7,1
FRP25	330	0,5	1000	820	7,9

P1: graus-dia entre a emergência das plantas e o final do estágio juvenil. P2: coeficiente de sensibilidade ao fotoperíodo. P5: graus-dia entre o florescimento e o ponto de maturidade fisiológica (PMF). G2: número potencial de grãos por planta. G3: taxa potencial de crescimento de grãos.

Tabela 3 – Valores medidos para o florescimento e produção dos híbridos testados.

	Baixo Investimento		Alto Investimento	
	GNZ2005	FRP25	GNZ2005	FRP25
Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )	9979	10018	10047	9991
Florescimento*	72	72	72	74

Obs: \* dias após emergência das plantas.

Tabela 4 – Valores simulados para florescimento e produção após calibração do modelo.

	GNZ2005			FRP25	
	Doses (kg.ha <sup>-1</sup> )	Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )	Floresc.* (dias)	Produção (kg.ha <sup>-1</sup> )	Floresc.* (dias)
Nível de Investimento	300	9975	71	10043	73
	350	10251	71	10323	73
	400	10428	71	10618	73
	450	10495	71	10916	73
	500	10562	71	11110	73

Obs: \* dias após emergência das plantas.

Os dados de clima e de solo necessários para a simulação são facilmente obtidos em Universidades ou outros órgãos públicos. O único ponto negativo fica na obtenção dos valores dos componentes genéticos, que nem sempre estão disponíveis e que necessitam de cuidados e pessoal qualificado para sua determinação.

### CONCLUSÕES

O modelo CERES-Maize foi extremamente sensível na simulação da produção e do florescimento, para todos os cenários. Mesmo que os valores medidos em campo tenham sido considerados estatisticamente iguais, o modelo conseguiu simular, satisfatoriamente, diferentes produções entre os valores obtidos nesses ensaios. Fica evidenciado que o modelo é uma ferramenta eficaz no apoio à decisão, pois permitiu observar, nesse estudo, que doses

crescentes de fertilizantes podem trazer aumentos de 200 a 300 kg.ha<sup>-1</sup> de milho. Nesse caso, essa informação pode ser obtida, através da simulação pelo produtor, na hora do planejamento do plantio de sua cultura, o que facilita o processo decisório.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. H.; OTEGUI, M. E.; VEGA, C. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. *Agronomy Journal*, Madison, v. 92, p. 92-97, 2000.
- FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2003. p. 174-197.

- FRAISSE, C. W.; SUDDUTH, K. A.; KITCHEN, N. R. Calibration of the CERES-Maize model for simulating site-specific crop development and yield on claypan soils. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. **17**, n. 4, p. 547-556, 2001.
- HODGES, T.; BOOTNER, D.; SAKAMOTO, C. M.; HAUG, J. H. Using Ceres-Maize model to estimate production for U.S. Cornbelt. **Agricultural and Forest Meteorology**, Oxford, v. 40, p. 293-303, 1987.
- JAME, Y. W.; CURTFORTH, H. W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 76, n. 1, p. 9-19, 1996.
- JONES, C. A.; KINIRY, J. R. **CERES-Maize**: a simulation model of maize growth and development. College Station: A & M University, 1986. 194 p.
- KINIRY, J. R. Evaluation of two maize models for nine U.S. locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, p. 421-426, 1997.
- LIMA, M. G. de. **Calibração e validação do modelo CERES-Maize em condições tropicais do Brasil**. 1995. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- LIU, W. T. H.; BOTNER, D. M.; SAKAMOTO, C. M. Application of CERES-Maize model to yield prediction of a Brazilian maize hybrid. **Agricultural and Forest Meteorology**, Oxford, v. 45, p. 299-312, 1989.
- MOEN, T. N.; KAISER, H. M.; RIHA, S. J. Regional yield estimation using a crop simulation model: Concepts, methods and validation. **Agricultural System**, Oxford, v. 46, p. 79-42, 1994.
- SOLER, C. T. **Uso do modelo CERES-Maize para identificação de características genéticas desejáveis para milho “safrinha” e determinação de práticas adequadas de manejo em condições de risco climático**. 2000. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- XIE, Y. Maize and sorghum simulations with CERES-Maize, SORKAM, and ALMANAC under Water-Limiting conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 1148-1155, 2001.
- WHISLER, F. D.; ACOOK, B.; BAKER, D. N.; FYE, R. F.; HODGES, H. F.; LAMBERT, J. R.; LEMMON, H. E.; MCKINION, J. M.; REEDY, V. R. Crop simulation models in agronomic systems. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 40, p. 141-208, 1986.