

Parametrização do modelo CSM-CERES-Maize para uma cultivar de alta produtividade.

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade ⁽¹⁾; **Priscila Ponciana Gomes da Silva** ⁽²⁾; **Bruna Gomes Magalhães** ⁽³⁾; **Jéssica Sousa Paixão** ⁽⁴⁾; **Bruno Ferreira de Melo** ⁽⁵⁾; **Christoph Hermann Passos Tigges** ⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; camilo.andrade@embrapa.br; ⁽²⁾ Graduanda em Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de São João del-Rei; ⁽³⁾ Mestranda em Ciências Agrárias; Universidade Federal de São João del-Rei; ⁽⁴⁾ Mestranda em Produção vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; ⁽⁵⁾ Graduando em Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Sete Lagoas, UNIFEM, Bolsista CNPq; ⁽⁶⁾ Graduando em Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei.

RESUMO: A produtividade média de milho em Minas Gerais é baixa em decorrência da interação da cultura com diversos fatores edafoclimáticos. O entendimento dessas interações é importante para se definirem estratégias de manejo cultural que favoreçam o aumento da produtividade. A modelagem de cultura é uma ferramenta apropriada para investigar este tipo de problema pois facilita a avaliação, de forma rápida e em larga escala, da resposta da cultura à diferentes condições de manejo. Todavia, os modelos de cultura, que não são totalmente mecanísticos, necessitam de parametrização e avaliação antes de serem utilizados. O objetivo do trabalho foi parametrizar e avaliar o modelo CSM-CERES-Maize para uma cultivar de milho de alto desempenho. Dados de crescimento, desenvolvimento e produtividade do híbrido simples DKB390PRO, obtidos em oito ensaios de campo, conduzidos sem estresses bióticos e abióticos, foram utilizados para parametrizar o modelo. Dados de outros sete ensaios de campo independentes, conduzidos sob as mais diversas condições de manejo, foram empregados para avaliar a capacidade preditiva do modelo. O modelo demonstrou ser acurado e preciso o suficiente para ser utilizado em diversos outros estudos de estratégias de manejo para aumento da produtividade e da eficiência no uso da água e para o desenvolvimento de estratégias de manejo para mitigar efeitos de mudanças climáticas.

Termos de indexação: Simulação, calibração, DSSAT, Zea Mays L.

INTRODUÇÃO

O milho é uma das principais culturas para a produção de grãos destinados à alimentação animal e humana no mundo, sendo que o Brasil é o terceiro maior produtor (FAO, 2015). Minas Gerais representa 8,1% da produção nacional de milho (IBGE, 2015),

porém com uma produtividade média decrescente nos últimos anos (CONAB, 2015). Uma das principais razões para esta redução na produtividade é a instabilidade nas condições climáticas, sobretudo a escassez hídrica, que é responsável por 50% das perdas nas lavouras de milho (WAGNER et al., 2013).

Além das condições hídricas, vários outros fatores edafoclimáticos, que interagem com a planta, afetam os processos biofísicos e, ao final, determinam a produtividade do milho. O entendimento desses processos e das interações é fundamental para que se possa definir estratégias de manejo que propiciem condições para aumento da performance da cultura em diferentes ambientes.

A modelagem de cultura, baseada em processos, é uma ferramenta apropriada para investigar este tipo de problema, pois facilita o desenvolvimento de estratégias inovadoras de gestão e sustentabilidade agrícola, uma vez que expressa a resposta das culturas a fatores meteorológicos, edáficos e biológicos (MARTÍN et al., 2014). Além do mais os modelos auxiliam na tomada de decisão, na previsão de crescimento e desenvolvimento das culturas, na minimização de lacunas de rendimento (*yield gaps*), na seleção de genótipos e semeadura na época recomendada para a produção agrícola sustentável em cenários de mudanças climáticas (ANWAR et al, 2015; ASSENG et al, 2015).

Todavia, uma tarefa importante antes da utilização de modelagem é o teste do seu desempenho em uma ampla gama de ambientes para identificar o seu âmbito de validade e suas limitações. Modelos de simulação de culturas são, por natureza, específicos para local e cultura e não devem ser usados em outras áreas antes de serem validados em condições locais (AHMED et al., 2016). Diante do exposto, propôs-se o presente estudo com o objetivo de parametrizar e avaliar a capacidade preditiva do modelo CSM-CERES-Maize para simular o crescimento, desenvolvimento e

produtividade de uma cultivar de milho de alto desempenho.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de crescimento, desenvolvimento e produtividade do cultivar de milho DKB390PRO, coletados em oito ensaios conduzidos em Papagaios, Patos de Minas e Sete Lagoas, Minas Gerais, sob condições sem estresse bióticos e abióticos, foram utilizados para parametrizar o modelo CSM-CERES-Maize, do sistema DSSAT, versão 4.6.1 (HOOGENBOOM et al., 2014). O procedimento de calibração foi por tentativa e erro, conforme descrito em Fang et al. (2010). Inicialmente procedeu-se o ajuste fino dos parâmetros de solo e de crescimento de raiz do cultivar para forçar o modelo simular corretamente a dinâmica de água no perfil do solo. Posteriormente, também por tentativa e erro, ajustaram-se os coeficientes que controlam o número de folhas, o florescimento e a maturidade fisiológica da cultura e, finalmente, os coeficientes relacionados com o peso unitário de grãos e o número de grãos por unidade de área, de forma que a fenologia e a produtividade do cultivar fossem corretamente simuladas nos diversos ensaios. As estatísticas RMSE e d-Stat (WILLMOTT et al., 1985) foram utilizadas para avaliar a qualidade da calibração. Quanto menores os valores de RMSE e maiores os valores de d-Stat, mais acurado e preciso é o modelo. As condições de manejo da cultura do milho, como espaçamento, população de plantas, data de semeadura, adubação e lâminas de irrigação, variaram entre os ensaios e foram informadas ao modelo por meio de arquivos específicos de manejo preparados para cada ensaio.

Dados de crescimento, desenvolvimento e produtividade do mesmo cultivar de milho, obtidos em ensaios independentes conduzidos em Papagaios, Patos de Minas, Paracatu e Sete Lagoas em Minas Gerais e Rio Verde, Goiás, nos quais a cultura foi submetida à algum tipo de estresse hídrico ou de nitrogênio, foram empregados para avaliar a capacidade preditiva do modelo.

Os dados simulados foram comparados com os observados e os valores das estatísticas RMSE e d-Stat foram utilizados para avaliar a acurácia e precisão do modelo (MONICO et al., 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o ajuste fino nos atributos de retenção de água do perfil do solo, o modelo foi capaz de simular de forma acurada e precisa o armazenamento de água no solo, tanto no processo de parametrização, quanto no de avaliação (**Figura 1**). Valores de RMSE de 5,39 mm e 9,19 mm, obtidos na parametrização e avaliação, respectivamente, são baixos, indicando

elevada acurácia do modelo. A estatística d-Stat ultrapassou 0,96, indicando também boa precisão do modelo (**Tabela 1**).

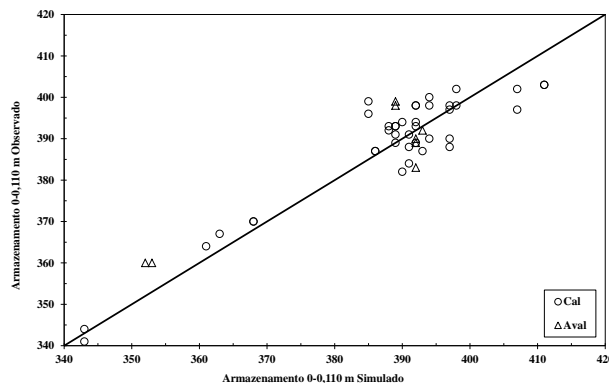


Figura 1. Comparação entre valores simulados e medidos de armazenamento de água na camada 0 a 1,10 m do perfil do solo.

Tabela 1. Valores das estatísticas RMSE e d-Stat, obtidos mediante a comparação entre dados simulados e observados durante o processo de parametrização e de avaliação do modelo.

	RMSE	d-Stat
Parametrização		
Armazenamento (mm)	5,39	0,9644
Florescimento (dia)	4,95	0,6530
Maturidade Fisiológica (dia)	2,56	0,9800
IAF (m ² m ⁻²)	0,44	0,9794
Fitomassa Seca Aérea (kg ha ⁻¹)	1244,01	0,9905
Produtividade (kg ha ⁻¹)	505,98	0,4810
Avaliação		
Armazenamento (mm)	9,19	0,9916
Florescimento (dia)	3,64	0,8550
Maturidade Fisiológica (dia)	6,37	0,9430
IAF (m ² m ⁻²)	0,57	0,9651
Fitomassa Seca Aérea (kg ha ⁻¹)	1541,08	0,9896
Produtividade (kg ha ⁻¹)	974,58	0,9380

A data do florescimento foi melhor simulada no processo de avaliação do modelo, apresentando um RMSE de 3,64 dias e um d-Stat de 0,85. Quanto à maturidade fisiológica, tanto a acurácia, quanto a precisão, foram melhores durante a parametrização do modelo, em que se observou um RMSE de 2,56 dias e um d-Stat de 0,98 (**Figura 2** e **Tabela 1**).

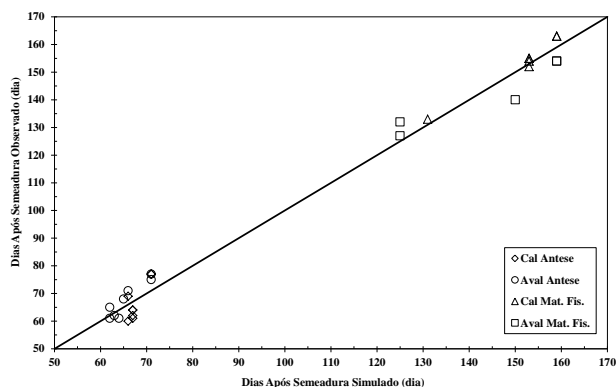


Figura 2. Comparação entre valores simulados e observados do número de dias para completar o florescimento e a maturidade fisiológica do cultivar DKB390PRO.

O modelo foi capaz de simular de forma razoável o índice de área foliar (IAF) do cultivar, especialmente no início do ciclo. Os valores de RMSE permaneceram abaixo de $0,57 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e os de d-Stat acima de 0,96, tanto na parametrização, quanto na avaliação (**Figura 3** e **Tabela 1**). Algumas discrepâncias entre valores simulados e medidos podem ser percebidas devido a variabilidade decorrente da coleta de diferentes plantas a cada amostragem em campo, diferentemente de quando se monitora sempre as mesmas plantas.

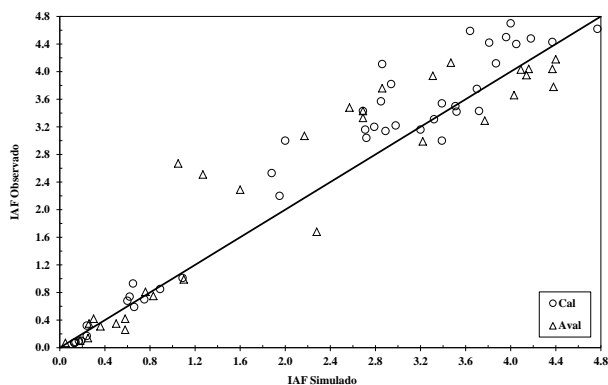


Figura 3. Comparação entre o índice de área foliar (IAF) simulado e medido ao longo do ciclo do milho em diferentes ensaios de parametrização e avaliação do modelo.

O modelo foi capaz de simular muito bem a fitomassa seca da parte aérea, especialmente no início do ciclo da cultura do milho (**Figura 4**). Nota-se que os valores do RMSE ficaram abaixo de 1541 kg ha^{-1} e os valores do d-Stat ultrapassaram 0,98, indicando boa acurácia e precisão do modelo (**Tabela 1**).

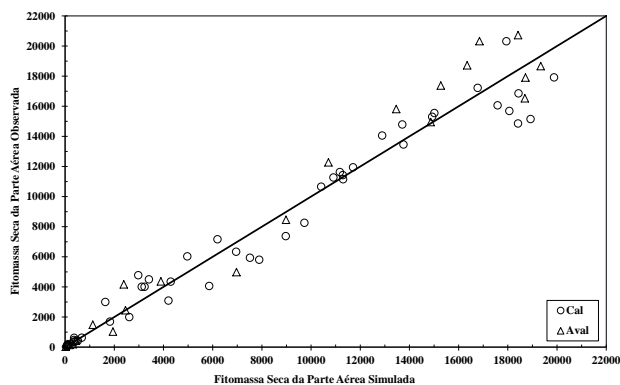


Figura 4. Comparação entre a fitomassa seca da parte aérea simulada e medida ao longo do ciclo da cultura do milho.

Com relação ao rendimento de grãos, observa-se que, no processo de parametrização, embora o valor do RMSE tenha sido de apenas 506 kg ha^{-1} , o d-Stat ficou abaixo de 0,5, indicando que o modelo foi acurado, mas pouco preciso (MONICO et al., 2009), para simular a produtividade de grãos, em decorrência da dispersão dos dados (**Figura 5** e **Tabela 1**). Por outro lado, no processo de avaliação, o modelo foi muito mais acurado e preciso para simular a produtividade, com valores de RMSE de 975 kg ha^{-1} e de d-Stat de 0,94.

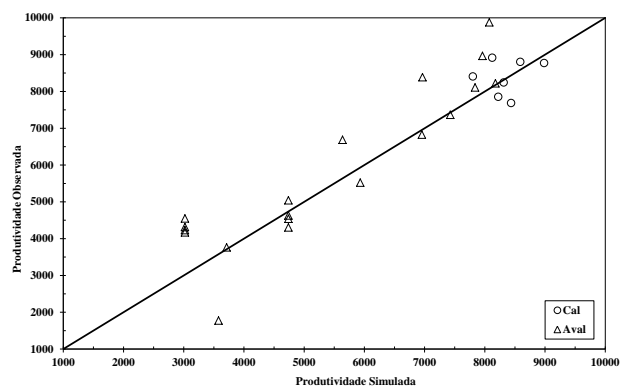


Figura 5. Comparação entre valores de produtividade de grãos simulada e medida em ensaios de parametrização e avaliação do modelo.

CONCLUSÕES

Após a parametrização, o modelo CSM-CERES-Maize foi capaz de simular com boa acurácia e

precisão a dinâmica da água no solo, fenologia e a produtividade do híbrido simples DKB390PRO.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig pelos recursos destinados ao projeto CAG-APQ-01199-13 e à Embrapa pelo apoio na coleta dos dados em campo.

REFERÊNCIAS

AHMED, M.; AKRAM, M. N.; ASIM, M.; ASLAM, M.; HASSAN, F.; HIGGINS, S.; STÖCKLE, C. O.; HOOGENBOOM, G. Calibration and validation of APSIM-Wheat and CERES-Wheat for spring wheat under rainfed conditions: Models evaluation and application. **Computers and Electronics in Agriculture**, 123, 384–401, 2016.

ANWAR, M. R.; LIU, D. L.; FARQUHARSON, R.; MACADAM, I.; ABADI, A.; FINLAYSON, J.; WANG, B.; RAMILAN, T. Climate change impacts on phenology and yields of five broadacre crops at four climatologically distinct locations in Australia. **Agric. Syst.**, 132, 133–144, 2015.

ASSENG, S.; Zhu, Y.; Wang, E.; Zhang, W. Crop modeling for climate change impact and adaptation. In: Calderini, V.O.S.F. (Ed.), **Crop Physiology**, second ed. Academic Press, San Diego, pp. 505–546, 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 22 de setembro de 2015.

FAO, Food and Agriculture Organization. Disponível em http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_crop_wat.html > acessado em 15 de agosto de 2015.

FANG, Q.; MA, L.; YU, Q.; AHUJA, L. R.; MALONE, R. W.; HOOGENBOOM, G. Irrigation strategies to improve the water use efficiency of wheat–maize double cropping systems in North China Plain. **Agricultural Water Management**, 97, 1165–1174, 2010.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. L.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; ROYCE, F. S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; TSUJI, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**: version 4.6. DSSAT Foundation, Prosser, Washington, 2014.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2015. Instituto brasileiro de geografia e

estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 de agosto 2015.

MARTÍN, M. M. S.; OLESEN, J. E.; PORTER, J. R. A genotype, environment and management (GxExM) analysis of adaptation in winter wheat to climate change in Denmark. **Agric. For. Meteorol.**, 187, 1–13, 2014.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P.; GALO, M.; SANTOS, M. C. S.; OLIVEIRA, L. C. Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada. **Bol. Ciênc. Geod.**, sec. Comunicações, Curitiba, v.15, n.3, p.469-483, jul-set, 2009.

WAGNER, M. V., JADOSKI, S., MAGGI, M. F., SAITO, L. R., & LIMA, A. S. Corn productivity estimate in function on water availability in Guarapuava, PR, Brazil. **Brazilian Magazine of Agricultural Engineering and Ambient.**, 170-179, 2013.

WILLMOTT, C. J.; AKLESON, G. S.; 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**, v.90, p.8995-9005, 1985.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
