

CALIBRAÇÃO E TESTE DO MODELO CROPGRO PARA A CULTURA DO FEIJÃO

MIQUEÍAS GOMES DOS SANTOS¹, ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA², VINICIUS MENDES RODRIGUES DE OLIVEIRA³, GEFFSON FIGUEREDO DANTAS¹, IZABELA PAIVA MARTINS³

¹ Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV-UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, cep: 148884-900, Jaboticabal/SP, Fone: (16) 98245-0680, e-mail: miqueiassjp@yahoo.com.br;

² Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural, FCAV-UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, cep: 148884-900, Jaboticabal/SP, Fone: (16) 3209-7282, e-mail: rogeriofaria@fcav.unesp.br;

³ Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV-UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, cep: 148884-900, Jaboticabal/SP, Fone: (16) 98245-0680, e-mail: miqueiassjp@yahoo.com.br;

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi calibrar e avaliar o desempenho do modelo CROPGRO para a cultura do feijoeiro nas condições edafoclimáticas de Jaboticabal, SP. O modelo foi calibrado e avaliado com dados coletados de dois experimentos conduzidos em 2002 e 2003. Na calibração foi utilizado o experimento de 2002, e, na validação, o de 2003. Com os coeficientes genéticos calibrados para a cultivar IAC-Carioca, o modelo simulou corretamente a fenologia, o crescimento da área foliar e a produtividade de grãos, durante as fases de calibração e teste, sob sistema plantio direto e convencional, combinados com monitoramentos de irrigação por tensiômetro e tanque Classe A.

PALAVRAS-CHAVE: simulação, DSSAT, *Phaseolus vulgaris*, irrigação, sistema de plantio

CALIBRATION AND MODEL TEST ON CULTURE CROPGRO BEAN

ABSTRACT: The objective was to calibrate and evaluate the performance of CROPGRO model for the bean crop at conditions of Jaboticabal, SP. The model was calibrated and verified with data previously collected from two experiments conducted in 2002 and 2003. The treatment of those experiments corresponded to two irrigation monitoring methods, tensiometers and Class A pan, under two cropping systems, no tillage and conventional. For calibration we used the 2002 experiment and in validation, 2003. Using the genetic coefficients calibrated for the IAC-Carioca, the model correctly simulated the phenology, growth of leaf area and grain yield, throughout the period of calibration and testing, under no tillage and conventional tillage system, combined with monitoring of irrigation tensiometer and tank Class A.

KEYWORDS: simulation, DSSAT, *Phaseolus vulgaris*, irrigation, planting system

INTRODUÇÃO: Os modelos de computacionais apresentam-se como alternativa para se estimar a produtividade das culturas, em função das condições climáticas e práticas de manejo cultural e de solo, de modo instantâneo e prático (OLIVEIRA et al., 2012). Exemplos desses modelos computacionais são os modelos incluídos no Sistema de Suporte à Decisão para Transferência de Agrotecnologia (DSSAT), que são capazes de simular o crescimento, o desenvolvimento e o balanço hídrico de diversas culturas, em função das características de solo, da planta e da atmosfera (HOOGENBOOM et al., 2012). Dentre esses modelos computacionais, inclui-se o CROPGRO, que permite simular os principais processos fisiológicos de espécies leguminosas, tais como as culturas de feijão, amendoim e soja. O modelo CROPGRO considera os processos de crescimento e desenvolvimento da cultura em etapas diárias. Coeficientes específicos da cultura (fornecidos em um arquivo do programa) e coeficientes genéticos da cultivar (calibrado para o genótipo de interesse) possibilitam a simulação das respostas de uma dada cultivar em distintas condições ambientais. Além das características de solo e

dados climáticos, a aplicação de determinado modelo do sistema DSSAT requer a calibração dos coeficientes genéticos da cultivar, caso esta não conste no banco de dados do sistema. Após a calibração do modelo, sua credibilidade necessita ser estabelecida por meio de teste nas condições de uso utilizando dados independentes dos utilizados na calibração. Assim, o objetivo deste trabalho foi calibrar e avaliar o desempenho do modelo CROPGRO para a cultura do feijão, sob dois sistemas de cultivo e dois métodos de monitoramento de irrigação, nas condições edafoclimáticas de Jaboticabal, SP.

MATERIAL E MÉTODOS: Para alimentar o modelo CROPGRO foram utilizados os dados de campo de dois experimentos conduzidos em Jaboticabal, SP, em 2002 e 2003, cujos detalhes metodológicos são descritos por Lopes (2006). Os tratamentos corresponderam a dois métodos de monitoramento de irrigação e a dois sistemas de cultivo: monitoramento por tensiometria, com o sistema plantio convencional (TENS-PC); monitoramento por tensiometria, com o sistema plantio direto (TENS-PD); monitoramento por meio do balanço hídrico climatológico simplificado pelo tanque Classe A, com o sistema plantio convencional (TCA-PC); o mesmo monitoramento, com o sistema plantio direto (TCA-PD). No procedimento de calibração dos coeficientes genéticos utilizouse o aplicativo GenSelect/GenCalc incluído no sistema DSSAT com os dados dos tratamentos do experimento conduzido em 2002. A calibração do modelo foi iniciada utilizando-se os coeficientes genéticos da cultivar Carioca, fornecidos no programa, simulando-se o desenvolvimento da cultura durante o mesmo período de condução do experimento. O processo de calibração consistiu no ajuste dos coeficientes genéticos relacionados com o desenvolvimento da cultura, a fim de minimizar os desvios entre as datas de ocorrência da floração, aparecimento da primeira vagem e maturidade fisiológica simuladas pelo modelo e observadas experimentalmente. A seguir, foram calibrados os coeficientes genéticos relacionados com o crescimento da cultura, a fim de que as estimativas do modelo da produtividade de massa seca e de grãos, índice de área foliar, e componentes de rendimento (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa unitária de grãos) coincidissem com os valores experimentais. A avaliação estatística do modelo CROPGRO teve o objetivo de determinar o grau de ajuste das variáveis biométricas estimadas em relação às observações experimentais em campo. As variáveis observadas foram: índice de área foliar e produtividade de grãos. Foram determinados os seguintes índices estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância (dW) (WILLMOTT et al., 1985) e o erro absoluto médio (EAM).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes genéticos utilizados no modelo CROPGRO, calibrados para a cultivar IAC-Carioca. Assumindo-se a insensibilidade da cultivar ao fotoperíodo, foram ajustados os seguintes parâmetros: EM-FL; FL-SH; FL-SD; SD-PM; FL-LF; SIZLF; WTPSD; SFDUR; SDPDV; PODUR. Em decorrência das baixas temperaturas ocorridas durante o ciclo da cultura, para melhoria da estimativa da data de florescimento foi necessário ajustar os coeficientes OPTBI em $20\text{ }^\circ\text{C}$ e SLOBI em $0.05\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. O valor do coeficiente OPTBI corresponde à temperatura mínima acima da qual não há efeito em atrasar o desenvolvimento no período emergência-florescimento; o valor do coeficiente SLOBI corresponde à taxa de atraso da fase fenológica por unidade de temperatura abaixo da temperatura estabelecida para OPTBI. Esse procedimento foi também adotado por Faria et al. (2002) para simular adequadamente a duração da fase vegetativa do feijoeiro cultivado no inverno no estado Paraná. Na fase de calibração o modelo estimou corretamente a duração do ciclo da cultura e as datas dos estádios fenológicos. As datas simuladas e observadas coincidiram satisfatoriamente, sendo o florescimento estimado em 54 dias após a semeadura (DAS), o aparecimento da primeira vagem em 61 DAS e a maturação fisiológica em 96 DAS (Tabela 2). Corroborando com estes resultados, outros estudos presentes na literatura também evidenciam a capacidade do modelo em simular a fenologia das cultivares de feijão (MEIRELES et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2012). Houve alta correlação entre os índices de área foliar simulados pelo CROPGRO e os observados no campo, evidenciada pelos indicadores de desempenho utilizados na avaliação (Figura 1). Os índices de concordância variaram de 0,94 a 0,99, os coeficientes de determinação de 0,74 a 0,77 e os erros absolutos médios entre $0,59\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$ a $0,98\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$. As estimativas da produtividade de grãos apresentaram alta correlação entre os valores simulados e os observados (Tabela 2), com variação máxima de 5,0%, refletindo a boa precisão ocorrida na calibração do modelo. Oliveira et al. (2012), calibrando o modelo CROPGRO para diferentes cultivares de feijão, encontraram variação de até 15,94% entre as produtividades da cultura estimadas e as observadas no

campo. Assim como na fase de calibração, na fase de teste, o modelo também foi preciso na estimativa da duração do ciclo da cultura (Tabela 3). No entanto, as datas de ocorrência da floração e aparecimento da primeira vagem foram subestimadas. O florescimento simulado pelo modelo ocorreu aos 59 DAS, enquanto no campo se deu aos 72 DAS. A data da aparição da primeira vagem foi simulada em 67 DAS, porém no campo ocorreu aos 79 DAS. A discrepância entre os dados pode ser explicada por imprecisão do modelo ou pela forma de avaliação em campo, que foi feita visualmente, assumindo a ocorrência dos estádios quando 50% plantas apresentava pelo menos uma flor ou uma vagem. Nessa fase o modelo também estimou satisfatoriamente a área foliar, como evidencia o bom ajuste entre os dados simulados e observados no campo (Figura 2). Os índices de concordância variaram de 0,75 (TENS-PC) a 0,99 (TENS-PD e TCA-PD), os coeficientes de determinação de 0,74 (TCA-PD) a 0,93 (TCA-PC) e os erros absolutos médios de 0,82 (TENS-PD) a 1,08 (TENS-PC). As estimativas das produtividades de grãos foram próximas dos valores observados, exceto no tratamento TENS-PC, no qual o modelo superestimou em 51,6%, em comparação a observação no campo (Tabela 3). Para os demais tratamentos houve boa concordância entre as estimativas e os dados observados a campo, com variações de 2,0%, 16,7% e 3,9 %, para TENS-PD, TCA-PC e TCA-PD, respectivamente, evidenciando que o modelo simula adequadamente a produtividade da cultura. Meireles et al. (2002) calibrando e testando o modelo CROPGRO para cultivar Carioca, por meio de um experimento com diferentes espaçamentos e doses de fertilizantes, observaram que os valores simulados superaram os experimentais na ordem de 10,8% a 15,4%.

TABELA 1. Coeficientes genéticos da cultivar de feijoeiro IAC-Carioca calibrados pelo modelo CROPGRO

Cultivar	CSDL	PPSEN	EM-FL	FL-SH	FL-SD	SD-PM	FL-LF
IAC-Carioca	12,17	0,0	24,0	6,0	18,0	16,0	30,0
LFMAX	SLAVR	SIZLF	XFRT	WTPSD	SFDUR	SDPDV	PODUR
1,00	300	133,0	1,00	0,275	20,0	4,0	10,0

CSDL - Limite da duração do dia abaixo do qual não há efeito no desenvolvimento reprodutivo (horas); PPSSEN - Declividade da resposta do desenvolvimento ao fotoperíodo (hora^{-1}); EM-FL - Tempo entre emergência e florescimento (R1) (dias fototérmicos); FL-SH - Tempo entre primeira flor e primeira vagem (R3) (dias fototérmicos); FL-SD - Tempo entre primeira flor e primeira semente (R5) (dias fototérmicos); SD-PM - Tempo entre primeira semente (R5) e maturação fisiológica (R7) (dias fototérmicos); FL-LF - Tempo entre primeira flor (R1) e fim da expansão de folhas (dias fototérmicos); LFMAX - Taxa máxima de fotossíntese de folhas a 30° C, 350 ppm CO₂, e alta luminosidade ($\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); SLAVR - Área foliar específica da cultivar sob condições padrões de crescimento ($\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$); SIZLF - Tamanho máximo de folha completa (folha trifoliada) (cm^2); XFRT - Fração máxima do crescimento diário que é repartido para semente + vagem; WTPSD - Massa máxima de sementes (g); SFDUR - Duração de enchimento de grãos para condições padrões de crescimento (dias fototérmicos); SDPDV - Média de grãos por vagem sob condições padrões de crescimento; PODUR - Tempo requerido para a cultivar atingir o enchimento de vagens sob condições padrões ótimas (dias fototérmicos)

TABELA 2. Número de dias necessários para ocorrência dos estádios fenológicos e produtividade de grãos do feijoeiro, observados e simulados pelo modelo CROPGRO na fase de calibração

Tratamentos	FL		PV		MF		PG		Diferença (%)
	O	S	O	S	O	S	O	S	
TENS-PC	54	54	61	61	96	95	2311	2397	-3,6
TENS-PD	54	54	61	61	96	95	2225	2342	-5,0
TCA-PC	54	54	61	61	96	96	2594	2630	-1,4
TCA-PD	54	54	61	61	96	96	2593	2471	4,9

O – observado; S – simulado; FL – florescimento (DAS); PV – primeira vagem (DAS); MF – maturação fisiológica (DAS); PG – produtividade de grãos (kg ha^{-1}); % = [(Simulada – Observada) / Observada] x 100

TABELA 3. Número de dias necessários para ocorrência dos estádios fenológicos e produtividade de grãos do feijoeiro, observados e simulados pelo modelo CROPGRO na fase de teste

Tratamentos	FL		PV		MF		PG		Diferença (%)
	O	S	O	S	O	S	O	S	
TENS-PC	72	59	79	67	100	100	2829	1866	51,6
TENS-PD	72	59	79	67	100	100	2861	2805	2,0
TCA-PC	72	59	79	67	100	100	2829	3394	-16,7
TCA-PD	72	59	79	67	100	100	2861	2754	3,9

O – observado; S – simulado; FL – florescimento (DAS); PV – primeira vagem (DAS); MF – maturação fisiológica (DAS); PG – produtividade de grãos (kg ha^{-1}); % = [(Simulada – Observada) / Observada] x 100

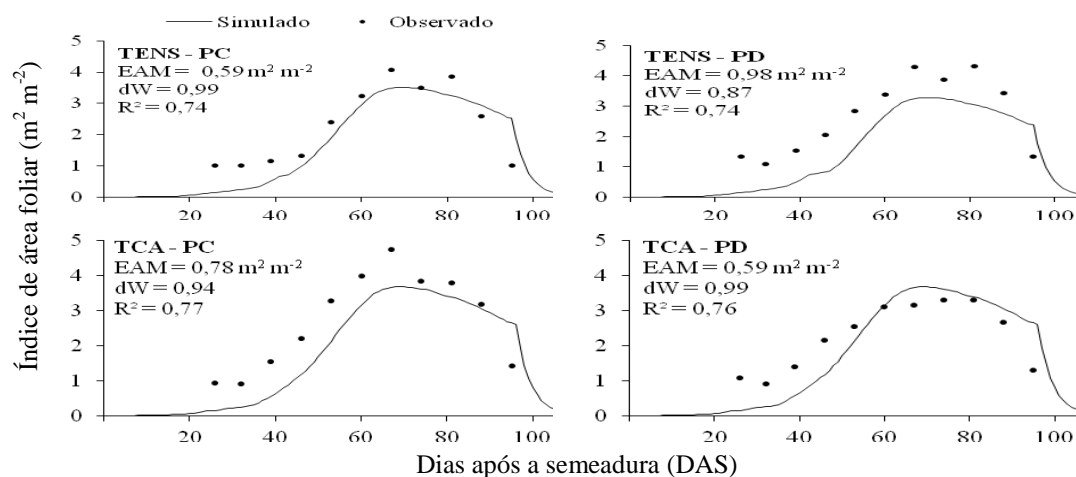


FIGURA 1. Índice de área foliar do feijoeiro, observado e simulado na fase de calibração do modelo CROPGRO

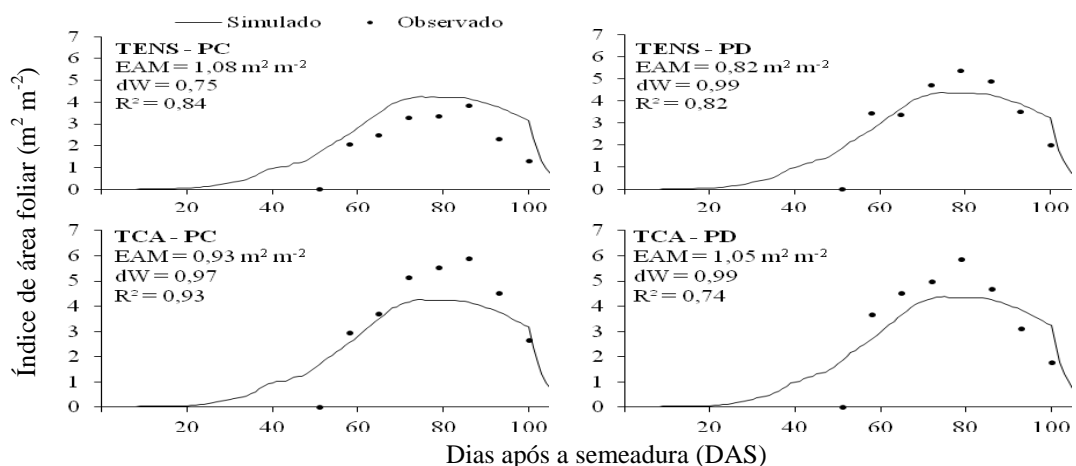


FIGURA 2. Índice de área foliar do feijoeiro, observada e simulada na fase de calibração do modelo CROPGRO

CONCLUSÕES: Os coeficientes genéticos requeridos pelo modelo CROPGRO foram calibrados para a cultivar IAC-Carioca em experimento de campo. O modelo calibrado simulou satisfatoriamente a fenologia, a área foliar e a produtividade de grãos nas fases de calibração e teste, sob plantio direto e convencional, combinados com monitoramentos de irrigação por tensiômetro e tanque Classe A.

REFERÊNCIAS

- FARIA, R. T.; OLIVEIRA, D.; HOOGENBOOM, G. Drybeans development and yield simulation by CROPGRO. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, Michigan State University**, v. 45, n.1, p. 132-133, 2002.
- HOOGENBOOM, G. et al. **Decision support system for agrotechnology transfer: version 4.5**. Honolulu: University of Hawaii, 2012. [CD-ROM].
- LOPES, A. da S. **Manejo do solo e da irrigação da cultura do feijoeiro sob pivô central**. 2006. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia-Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.
- MEIRELES, E. J. L. et al. Calibration and test of the cropgro-dry bean model for edaphoclimatic conditions in 402 the savannas of central Brazil. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 723-729, dez. 2002.
- OLIVEIRA, E. C. et al. The performance of the CROPGRO model for bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield simulation. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 3, p. 239-246, set. 2012.
- WILLMOTT, C. J. et al. Statistic for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, n.5, p. 8995-9005, set. 1985.