

Utilização do modelo Cropgro-soybean na determinação de melhores épocas de semeadura da cultura da soja, na região de Palotina, Estado do Paraná

Rivanildo Dallacort^{1*}, Paulo Sérgio Lourenço de Freitas², Rogério Teixeira de Faria³, Antonio Carlos Andrade Gonçalves², Roberto Rezende² e Altair Bertonha²

¹Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), Campus Universitário de Tangará da Serra, 358, Km 07, Cx. Postal 287, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. ²Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ³Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), Londrina, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: rivanildo@unemat.br

RESUMO. Calibrou-se o modelo de simulação do crescimento e do desenvolvimento da cultura de soja (*Glycine Max* (L) Merrill), Cropgro-soybean, para os cultivares de soja CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210, cultivados na região de Palotina, Estado do Paraná, (latitude de 24°17'S, longitude de 53°50'30" e altitude de 333 m). Após a calibração, o modelo Cropgro foi usado para estimar a produtividade de soja para cinco datas de semeadura, durante 25 safras (1974 a 1999). Análises de sensibilidade realizadas revelaram alta resposta do modelo à variação dos coeficientes genéticos dos cultivares estudados. Das cinco datas de semeadura simuladas, a que apresentou as maiores produtividades foi a de 1 de outubro, porém foi a que também apresentou as menores produtividades. As melhores épocas de semeadura foram consideradas 15 de outubro e 1.º de novembro, por apresentarem médias dos quatro cultivares de 2.450 kg ha⁻¹ e de 2.303 kg ha⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: simulação, Dssat, soja.

ABSTRACT. Determination of best planting times for soybean in Palotina, State of Paraná, through Cropgro-soybean model. The model Cropgro-soybean was calibrated for cultivars CD 202, CD 204, CD 206 and CD 210 in the municipality of Palotina, State of Paraná, Brazil (24°17'S latitude, 53°50'30" longitude and 333 m altitude). After calibrated, the model Cropgro was used to estimate soybean yield for five planting times, during 25 years (1974 to 1999). Sensitivity analysis of the model showed high response due to changes in genetic coefficients of the cultivars in this study. The highest crop yield was simulated for October 1, but it also gave the lowest estimates. The best planting dates were found to be October 15 and November 1, with mean yields of 2.450 kg ha⁻¹ and 2.303 kg ha⁻¹, respectively.

Key words: simulation, DSSAT, soybean.

Introdução

As previsões agrícolas constituem o meio mais importante de servir a agricultura. Grande parte das técnicas de previsão numérica baseada na agrometeorologia fundamenta-se na relação estatística entre as variáveis dependentes que deverão ser estimadas (produtividade, datas da floração e da maturação, etc.) e as variáveis agrometeorológicas independentes (precipitação, temperatura, etc.) ou, ainda, as variáveis reduzidas (índices de umidade do solo, influência da umidade atmosférica).

Os modelos de simulação são ferramentas que permitem analisar cenários considerando as diversas combinações dos fatores que influenciam a produtividade das culturas. Dessa forma, é possível

avaliar as estratégias mais adequadas em cada condição específica, podendo modificar a estratégia de irrigação para prever as alterações nos componentes de produção e de outras variáveis, como a evapotranspiração e as necessidades de água da cultura. Além disso, é possível combinar os resultados do modelo com os fatores econômicos, para a análise de riscos associados a cada estratégia (Jones e Ritchie, 1990). Para fins de estimativa da produtividade de cultivos, os modelos baseados em princípios agrometeorológicos mais importantes são os que simulam as fases de desenvolvimento e de maturação das culturas, a disponibilidade de umidade no solo e os efeitos do estresse hídrico no rendimento da cultura. Os modelos são dinâmicos e funcionais,

pois descrevem mudanças diárias nas variáveis da cultura, considerando os principais processos morfofisiológicos que nela ocorrem. Whisler *et al.* (1986) e Jones e Ritchie (1990) descreveram uma série de modelos de simulação das culturas que podem ser usados em estudos diversos, entre eles a irrigação.

Alguns modelos de simulação utilizam coeficientes genéticos como dados de entrada, e estes permitem que os modelos simulem o desempenho de cultivares em diferentes solos, clima e ambientes. Hunt *et al.* (1993) desenvolveram o *software* Gencalc (calculador de coeficientes genéticos) para facilitar os cálculos dos coeficientes genéticos utilizados em modelos, os quais são estimados a partir de dados de experimentos de campo. Os valores simulados pelo modelo são comparados com os dados do experimento, e os coeficientes são ajustados até que os dados simulados concordem com os dados do experimento.

O alcance da aplicabilidade de modelos localizados pode se estender para o planejamento regional e a análise da produtividade, pela combinação de suas capacidades com os sistemas de informações geográficas (Cabelguenne *et al.*, 1995). Cabelguenne e Jones (1989) e Lal *et al.* (1993) também utilizaram modelos de simulação para definir as estratégias de irrigação e de manejo e o estudo da viabilidade econômica das culturas. A programação da irrigação para a cultura do milho exige o conhecimento de métodos para determinar o tempo de aplicação de água. Freitas (2000) e Gedanken (1998) também utilizaram o modelo Ceres-Maize para simular os dados de produtividade da cultura do milho, avaliando as estratégias de irrigação.

Nesse contexto, destaca-se o Dssat (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Jones *et al.* 1998), que é um sistema computacional que inclui um conjunto de modelos de crescimento de culturas que tem sido utilizado por muitos pesquisadores nas mais diversas condições climáticas e de solo, constituindo-se em uma ótima alternativa para obtenção de informações que auxiliam no planejamento e no manejo agrícola (Hoogenboom *et al.*, 1992). No Dssat, encontram-se vários modelos para as diferentes culturas: milho (Ceres-Maize), soja (Cropgro-soybean), trigo (Ceres-Wheat), sorgo (Ceres-Sorghum), arroz (Ceres-Rice), cevada (Ceres-Barley), girassol (Ceres-Sunflower) etc. (Ibsnat, 1989).

O modelo de simulação Cropgro-soybean, descrito por Boot *et al.* (1997) foi desenvolvido para a cultura da soja e permite as simulações dos principais processos físicos e fisiológicos da cultura, tais como fotossíntese; respiração; acumulação e partição da biomassa; fenologia; crescimento foliar, de caules e de raízes; extração de água do solo; e

evapotranspiração e produção da soja, respondendo à variação de dados climatológicos de entrada, tais como: precipitação, radiação solar, temperaturas máxima e mínima. Também utiliza parâmetros de água no solo para avaliar o suprimento de água pela planta. A sensibilidade do modelo varia com o cultivar, data de plantio, manejo entre plantas e manejo de irrigação.

A data de semeadura é um dos principais fatores que influencia na produtividade da soja. Os efeitos de nove diferentes datas de semeadura de duas variedades foram analisados por Egli e Bruening (1992), os quais utilizaram o modelo Soygro v5.41 e constataram uma significativa correlação entre as produtividades medidas e simuladas. O Soygro simulou baixas produtividades, associadas com o atraso de plantio. Ainda segundo Egli e Bruening (1992), a facilidade na utilização de modelos dessa natureza está em sua habilidade de manipulação dos fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento e na produtividade da soja. Após a calibração e a verificação de que esses modelos podem prever com precisão os parâmetros da cultura em estudo, os modelos podem ser usados como ferramentas para solos climáticos e da planta, bem como obter resposta da planta em relação a esses parâmetros.

Os objetivos deste trabalho foram calibrar o modelo Cropgro-soybean para as cultivares de soja Coodetec (CD-210, CD-206, CD-204, e CD-202) e, após calibração, usá-lo para simular o crescimento e o desenvolvimento da cultura em cinco épocas de semeadura, durante 25 safras compreendidas entre os anos de 1974 e 1999; determinar, em função das produtividades simuladas, as melhores épocas de semeadura da soja para a região de Palotina, Estado do Paraná.

Material e métodos

O estudo foi realizado para o município de Palotina, Estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 24°17'S, longitude de 53°50'30" e altitude de 333 m. As simulações foram realizadas utilizando-se o modelo de simulação Cropgro-soybean

O conjunto das variáveis climáticas diárias de entrada utilizado pelo modelo constitui: temperatura máxima e mínima do ar (°C), total diário de precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar (MJ m⁻²). Esses dados foram fornecidos pelo Iapar (Instituto Agrônomo do Paraná), que possui uma Estação Meteorológica localizada em Palotina, Estado do Paraná, desde 1974.

Na realização deste trabalho, utilizaram-se dados de 1974 a 2002; os de 2000 a 2001 foram utilizados para calibração do modelo; os de 1974 a 1999 foram

utilizados para realizar as simulações. Os dados climáticos foram checados utilizando o Software Clima (Faria *et al.*, 2003), por meio do qual se realizou a correção de algum possível erro nos dados. Os dados de irradiação solar global, compreendidos no período de 1974 a 1982, foram calculados pela equação de Angstron (1924).

O conjunto de informações fenológicas necessárias para a calibração dos coeficientes genéticos foram: data de semeadura, emergência, floração e maturação fisiológica, peso de 1000 grãos e produtividade da cultura (kg ha^{-1}). Esses dados foram disponibilizado pela Coodetec - Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda.

O solo predominante na região estudada é caracterizado como Latossolo Roxo distrófico com relevo plano e de textura argilosa. As características química e física (retenção de água e granulometria) foram determinadas no Laboratório de Solos – Integrante Cela, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná.

Com os coeficientes genéticos ajustados dos quatro cultivares, realizou-se a simulação do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura da soja para a região estudada. Um conjunto de equações diferenciais simula as relações físico-fisiológicas envolvidas no ciclo de desenvolvimento da cultura por meio de processos interativos e apresenta como resposta as datas em que foram atingidos os diferentes estágios e a produtividades simuladas.

Foram realizadas simulações para cinco datas de semeadura - 1.º e 15 de outubro, 1.º e 15 de novembro e 1.º de dezembro -, compreendidas no período entre a semeadura antecipada em início de outubro e a tardia em dezembro, com os quatro cultivares Coodetec, CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210, os quais vêm alcançando satisfatórias produtividades na região. No período compreendido entre os anos de 1974 e 1999, há 25 safras, sendo para cada data de simulação quatro cultivares em 25 safras, em um total de 100 simulações por datas.

Resultados e discussão

Coefficientes genéticos ajustados

Na Tabela 1 apresentam-se os coeficientes genéticos dos quatro cultivares, calibrados usando os dados de campo obtidos nas condições de solo e clima da região de Palotina.

Tabela 1. Coeficientes genéticos calibrados para quatro cultivares.

Coeficientes	Cultivares			
	CD 202	CD 204	CD 206	CD 210
CSDL	12,83	12,83	12,83	12,83
PPSEN	0,303	0,303	0,303	0,303
EM-FL	27	27	27	30

FL-SH	7,5	7,5	6,5	7,5
FL-SD	12	13,5	14	16,5
SD-PM	31	31	34	33
FL-LF	18	18	18	18
LFMAX	1,030	1,030	1,030	1,030
SLAVAR	355	355	355	355
SIZLF	140	170	170	170
XFRT	1,0	1,0	1,0	1,0
WTPSD	0,120	0,115	0,122	0,121
SFDUR	13,5	13,0	12,0	12,0
SDPDV	2,05	2,05	2,05	2,05
PODUR	8,0	8,0	8,0	8,0

CSDL = comprimento crítico do dia acima do qual o processo de desenvolvimento reprodutivo não é afetado (horas); PPSEN = inclinação da resposta relativa do desenvolvimento para fotoperíodo com o tempo (1/hora); EM-FL = Período entre a emergência da planta e o aparecimento da primeira flor(R1); FL-SH = Período entre o aparecimento da primeira flor e a primeira vagem (R3) (dias fototermiais); FL-SD = Período entre o aparecimento da primeira flor e o início da formação da semente (R5) (dias fototermiais); SD-PM = Período entre o início da formação da semente e a maturidade fisiológica (R7) (dias fototermiais); FL-LF = Período entre o aparecimento da primeira flor (R1) e final da expansão foliar; LFMAX = Taxa máxima de fotossíntese da folha a uma taxa ótima de temperatura 30 °C; SLAVARN = Área foliar específica sob condições padrão de crescimento; SIZLF = Tamanho máximo da folha completamente expandida (cm^2); XFRT = Máxima fração do crescimento diário que é particionada entre a semente mais a vagem; WTPSD = Peso máximo por semente (g); SFDUR = Duração do período de enchimento das sementes nas vagens, sob condições de crescimento padrão (dias fototermiais); SDPDV = média de sementes por vagem, sob condições de crescimento padrão (dias fototermiais); PODUR = Tempo necessário para o cultivar alcançar condições ideais de vagens (dias fototermiais).

Os quatro cultivares apresentaram diferenças em alguns de seus coeficientes genéticos ajustados, principalmente nos coeficientes relacionados à fenologia, tais como a duração entre a emergência da planta e o aparecimento da primeira flor, entre o aparecimento da primeira flor e a primeira vagem; entre o aparecimento da primeira flor e o início da formação da semente, entre o início da formação da semente e a maturidade fisiológica. O peso máximo por sementes foi um componente de produção não-alterado e, portanto, seus valores foram os reais encontrados no experimento a campo. O período de enchimento das sementes nas vagens, sob condições de crescimento padrão, foi outro componente que teve variação entre os cultivares. Essas diferenças nos coeficientes genéticos dos cultivares possibilitam ao modelo simular as variações nas produtividades simuladas e o modelo. De fato, o Cropgro-soybean apresentou alta sensibilidade à variação dos coeficientes genéticos, representando realisticamente a variação existente entre os cultivares considerados para as mesmas condições ambientais.

Duração dos estádios fenológicos

Na análise dos períodos médios simulados entre a emergência – florescimento, emergência – maturação fisiológica e ciclo total da cultura, realizou-se, para cada uma das datas de simuladas, a média das 25 simulações realizadas de cada cultivar, determinando-se os ciclos médios dos cultivares em cada data de semeadura, e posteriormente, uma média geral dos períodos para cada data de semeadura simulada. Nas Tabelas 2, 3 e 4, apresentam-se as durações dessa fase para as 5 datas de semeadura simuladas.

Tabela 2. Duração do período semeadura-florescimento simulados para quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura.

Semeadura em 1.º de outubro			
Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão

CD 202	56	38	44	3,97
CD 204	61	42	49	4,30
CD 206	56	38	44	3,97
CD 210	56	38	44	3,97
Médias	57	39	45	4,05
Semeadura em 15 de outubro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	52	38	44	3,25
CD 204	57	43	49	3,38
CD 206	52	38	44	3,25
CD 210	52	38	44	3,11
Médias	53	39	45	3,25
Semeadura em 1.º de novembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	50	41	45	2,48
CD 204	55	46	50	3,38
CD 206	50	41	45	2,48
CD 210	50	41	45	2,29
Médias	50	42	46	2,42
Semeadura em 15 de novembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	49	43	46	1,42
CD 204	53	47	50	1,65
CD 206	49	43	46	1,42
CD 210	48	43	45	1,42
Médias	50	44	47	1,47
Semeadura em 1.º de dezembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	49	43	45	1,74
CD 204	54	47	49	2,08
CD 206	49	43	45	1,74
CD 210	48	43	45	1,64
Médias	50	44	46	1,80

Os períodos emergência-florescimento simulados para as 5 datas de semeadura não apresentaram diferenças, conforme Rolim *et al.* (1982). Cada cultivar possui um fotoperíodo crítico para atingir o florescimento, sendo que os períodos emergência-florescimento não mudaram; os quatro cultivares, nas cinco datas simuladas, não foram influenciados pelo fotoperíodo até o florescimento.

Tabela 3. Períodos semeadura-maturação fisiológica simulados para os quatro cultivares nas cinco datas de semeadura.

Semeadura em 1.º de outubro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	126	107	115	5,05
CD 204	137	117	127	5,27
CD 206	129	109	117	5,10
CD 210	122	102	110	4,88
Médias	129	109	117	5,08
Semeadura em 15 de outubro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	121	107	113	4,20
CD 204	131	116	123	4,12
CD 206	123	108	115	4,28
CD 210	116	102	108	3,93
Médias	123	108	115	4,13
Semeadura em 1.º de novembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	115	105	110	2,50
CD 204	124	116	120	2,10
CD 206	117	107	112	2,48
CD 210	111	101	106	2,71
Médias	117	107	112	2,45
Semeadura em 15 de novembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	111	102	107	1,92
CD 204	120	111	116	2,36

CD 206	113	104	109	1,96
CD 210	107	99	103	1,75
Médias	113	104	109	2,00
Semeadura em 1.º de dezembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	106	98	101	2,32
CD 204	114	106	110	2,43
CD 206	108	100	104	2,37
CD 210	103	95	98	2,18
Médias	108	100	103	2,57

O florescimento-maturação fisiológica da cultura da soja foi o que teve variações nas datas de semeadura, diminuindo à medida que as datas de semeadura foram sendo mais tardias. Para a simulação em 1.º de outubro, esse período foi de 72 dias e, para simulação em 1.º de dezembro, 53 dias, sendo nesse o período influenciado pelo fotoperíodo e pela temperatura.

Conforme Coodetec (2003), os cultivares CD 202 e CD 210 são classificados como precoce, a CD 206 de ciclo semiprecoce e a CD 204 como ciclo médio. De acordo com o informativo, os períodos emergência-florescimento foram: 50 dias para as cultivares CD 202 e CD 206, 51 dias para a cultivar CD 210 e 57 dias para a cultivar CD 204, para as cultivares de ciclo precoce são de 118 dias, semi-precozes de 126 e médios de 131 dias.

Tabela 4. Ciclos da cultura da soja, simulados para quatro cultivares em cinco datas de semeadura.

Semeadura em 1.º de outubro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	138	119	127	5,05
CD 204	149	129	139	5,27
CD 206	141	121	129	5,10
CD 210	134	114	122	4,88
Médias	140	121	132	5,08
Semeadura da cultura da soja em 15 de outubro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	133	119	125	4,20
CD 204	143	128	135	4,12
CD 206	135	120	127	4,28
CD 210	128	114	120	3,93
Médias	135	120	127	4,13
Semeadura da cultura da soja em 1.º de novembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	127	117	122	2,50
CD 204	136	128	132	2,1
CD 206	129	119	124	2,48
CD 210	123	113	118	2,71
Médias	129	119	124	2,45
Semeadura da cultura da soja em 15 de novembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	123	114	119	1,92
CD 204	132	123	128	2,36
CD 206	125	116	121	1,96
CD 210	119	111	115	1,75
Médias	125	116	121	2,00
Semeadura em 1.º de dezembro				
	Máximo (dias)	Mínimo (dias)	Média (dias)	Desvio Padrão
CD 202	118	110	113	2,32
CD 204	126	118	122	2,43
CD 206	120	112	116	2,36

CD 210	115	107	110	2,18
Médias	120	112	115	2,57

Em todas as datas de simulação, a cultivar CD 204 teve o mesmo comportamento: períodos maiores que os outras cultivares, estando de acordo com Coodetec (2003). As simulações do período emergência-florescimento simuladas foram menores em todas as datas de semeadura simuladas. Para o ciclo da cultura da soja, observa-se que as datas de semeadura em 1º e 15 de outubro e 15 de novembro foram as mais próximas dos valores encontrados por Coodetec (2003).

Análise das produtividades simuladas

Na Tabela 5 são apresentados as produtividades máximas, mínimas e médias simuladas, e seus respectivos desvios padrões. A maior produtividade média das quatro cultivares foi encontrada na semeadura em 1º de outubro, decrescendo gradativamente nas semeaduras mais tardias. Porém, nessa data de semeadura, em safras em que ocorreram condições climáticas desfavoráveis, foram estimadas as menores produtividades.

Tabela 5. Produtividades simuladas para os quatro cultivares nas cinco datas de semeadura.

Simulações em 1.º de outubro				
Cultivar	Máxima (Kg ha ⁻¹)	Mínima (Kg ha ⁻¹)	Média (Kg ha ⁻¹)	Desvio Padrão
CD 202	4385	523	2632	991
CD 204	4804	871	2846	1024
CD 206	4380	227	2598	925
CD 210	4061	242	2311	847
Geral	4407	465	2597	954
Simulações em 15 de outubro				
Cultivar	Máxima (Kg ha ⁻¹)	Mínima (Kg ha ⁻¹)	Média (Kg ha ⁻¹)	Desvio Padrão
CD 202	4329	881	2425	872
CD 204	4341	1217	2692	866
CD 206	4411	889	2450	874
CD 210	4140	457	2231	842
Geral	4305	861	2450	866
Simulações em 1.º de novembro				
Cultivar	Máxima (Kg ha ⁻¹)	Mínima (Kg ha ⁻¹)	Média (Kg ha ⁻¹)	Desvio Padrão
CD 202	3448	613	2288	842
CD 204	3953	734	2594	1034
CD 206	3518	744	2305	784
CD 210	3373	589	2024	731
Geral	3573	670	2303	867
Simulações em 15 de novembro				
Cultivar	Máxima (Kg ha ⁻¹)	Mínima (Kg ha ⁻¹)	Média (Kg ha ⁻¹)	Desvio Padrão
CD 202	3355	429	2210	977
CD 204	3784	553	2637	955
CD 206	3307	524	2240	942
CD 210	3038	429	1943	846
Geral	3371	484	2258	950
Simulações realizadas em 1.º de dezembro				
Cultivar	Máxima (Kg ha ⁻¹)	Mínima (Kg ha ⁻¹)	Média (Kg ha ⁻¹)	Desvio Padrão
CD 202	3054	526	2106	774
CD 204	3482	555	2389	823
CD 206	3100	580	2182	808
CD 210	2717	527	1843	678
Geral	3089	547	2130	786

As produtividades mínimas simuladas pelo modelo Cropgro-Soybeans neste trabalho geralmente não ocorre no campo, pois, dependendo das condições climáticas, o agricultor realiza uma nova semeadura em época mais tardia, não atingindo produtividades tão altas, mas nem produtividades muito baixas, como as que ocorreram na safra de 1985/86, na semeadura em 1.º de outubro. Naquele ano, em semeaduras mais tardias, as produtividades foram maiores.

As produtividades simuladas para a semeadura em 15 de outubro indicam a melhor época de semeadura para os quatro cultivares, sendo que, nessa data de semeadura, os cultivares CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210 apresentaram 207 kg ha⁻¹, 154 kg ha⁻¹, 147 kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹, respectivamente, a menos que as simulações de produtividade realizadas para a data de semeadura em 1º de outubro.

As produtividades máximas encontradas nas simulações realizadas para CD 206 e CD 210 foram na semeadura em 15 de outubro e, para CD 202 e CD 204 em 1.º de outubro. O menor desvio padrão médio entre as quatro datas simuladas foi para 15 de outubro (866 kg ha⁻¹), seguido da época de 1.º de outubro (954 kg ha⁻¹). As produtividades médias simuladas para 1.º de dezembro foram as menores, ou seja, quanto mais tardias as semeaduras, menores foram as produtividades, confirmando Bhatia (1999), que também constatou que as semeaduras mais tardias levam à redução da produtividade devido ao efeito combinado de redução da biomassa total, vagens por planta, peso de 100 sementes e dias para o florescimento e maturidade.

A produtividade máxima média para a semeadura em 1.º de dezembro foi 30% menor que a de 1.º de outubro, com maior produtividade máxima média, e 28% a menos para a semeadura em 15 de outubro, considerada a melhor época de semeadura. A média das produtividades médias foram de 18% e 13%, respectivamente, para as safras 1.º e 15 de outubro. As produtividades mínimas médias, nas simulações em 1.º de dezembro, apresentaram ser 18% maiores que a mínima média encontrada para 1.º de outubro; a mínima média em 15 de outubro, por sua vez, apresentou ser 37% superior à encontrada em 1.º de dezembro.

Pode-se afirmar que, para a região de Palotina, das datas de semeadura em que foram realizadas as simulações, aquela que demonstrou melhor comportamento foi 15 de outubro, apresentando um bom comportamento para a semeadura em 1.º de outubro. No entanto, nessa data, em anos desfavoráveis, as produtividades foram muito baixas e, em 1.º de novembro, apresentaram produtividade média 6% inferior à de 15 de outubro e 11% inferior à semeadura em 1.º de outubro.

Conclusão

A partir dos resultados encontrados, conclui-se que:

o modelo Cropgro-soybean demonstra alta sensibilidade à variação dos coeficientes genéticos, mostrando variação entre os cultivares;

à medida que a semeadura da soja é realizada em datas mais tardias, o ciclo da cultura tende a diminuir;

os períodos emergência-florescimento médios simulados para os quatro cultivares nas cinco datas simuladas não apresentaram diferenças, ao contrário dos períodos florescimento-maturação fisiológica;

as produtividades máximas simuladas foram estimadas para a semeadura em 1.º de outubro, porém, nessa data de semeadura, também foram encontradas as mínimas produtividades;

as melhores datas de semeadura para os quatro cultivares de soja foram 15 de outubro e 1.º de novembro.

Referências

- ANGSTRON, A. Solar and terrestrial radiation. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, v. 50, 1924, p. 121-125.
- BHATIA, V.S. *et al.* Yield and its attributes as effected by planting dates in soybean (*Glycine max*) varietis. *Indian J. Agric. Sci.*, New Delhi, v. 69, n. 10, p. 696-699, 1999.
- BOOTE, K.J. *et al.* Potential uses and limitations of crop models. *Agron. J.*, Madison, v. 88, p. 704-716, 1997.
- CABELGUENNE, M.; JONES, C.A. Simulation of cropping systems in Southern France. In: SUMMER COMPUTER SIMULATION CONFERENCE, Austin, Texas, 1989. *Proceedings...* Austin, Texas, 1989. p. 707-711.
- CABELGUENNE, M. *et al.* Strategies for limited irrigation of maize in southwestern France - a modeling approach. *Trans. ASAE*, St Joseph, v. 38, p. 507-511, 1995.
- COODETEC. Cultivares de soja. Disponível em: <<http://www.coodetec.com.br/soja.asp?Id=5&cultivar=18>>. Acesso em: 24 nov. 2003.
- EGLI, D.B.; BRUENING, W. Planting date and soybean yield: evaluation of environmental effects with a crop simulation model: Soygro. *Agric. Flor. Meteorol.*, Amsterdam, v. 62, p. 19-29, 1992.
- FARIA, R.T. *et al.* Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. *Rev. Eng. Agric.*, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 372-387, 2003.
- FREITAS, P.S.L. *Uniformidade de aplicação de água, produtividade da cultura do milho e efeito da presença de resíduos de cultura na evaporação de água do solo*. 2000. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- GEDAKEM, A. *Utilização do modelo Cerez-Maize para avaliar estratégias de irrigação em duas regiões de Minas Gerais*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- HOOGENBOOM, G. *et al.* Modeling growth, development, and yield of grain legumes using soygro, pnutgro, and beangro: a review. *Trans. ASAE*, St Joseph, v. 35, n. 6, p. 2043-2055, 1992.
- HUNT, L.A. *et al.* Software to facilitate the use of crop models for analyzing field experiments. *Agron. J.*, Madison, v. 85, p. 1090-1094, 1993.
- IBSNAT. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer – project 1989a. Documentation for IBSNAT Crop Models Input & Output Files Version 1.1: for the decision support system for agrotechnology transfer (Dssaat v. 2.1). IBSNAT project, Honolulu: University of Hawaii, 1989 a. 61p.
- JONES, J.W.; RITCHIE, J.T. Crop growth models. In: HOFFMAN, G.L. *et al.* (Ed.). *Management of farm irrigation system*. S. L.: s.n., 1990. p. 63-89
- JONES, J.W. *et al.* Decision support system for agrotechnology transfer, Dssat, v. 3. In: TSUGI, G.Y. *et al.* (Ed.). *Understanding options for agricultural production*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 157-178.
- LAL, H. *et al.* Using crop simulation models and GIS for regional productivity analysis. *Trans. ASAE*, St Joseph, v. 36, p. 175-184, 1993.
- ROLIM, R.B. *et al.* Estudo do comportamento de soja (*Glycine max* (L) Merrill), na entressafra (dias curtos) no Estado de Goiás. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., 1981, Brasília. *Anais...* Londrina: Embrapa/CNPSo, 1982. p. 425-440.
- WHISLER, F.D. *et al.* Crop simulation models in agronomic systems. *Adv. Agron.*, San Diego, v. 40, p. 141-208, 1986.

Received on March 30, 2005.

Accepted on August 21, 2006.