

## SIMULAÇÃO DO RENDIMENTO DO MILHO UTILIZANDO O MODELO CERES-MAIZE

MIQUÉIAS GOMES DOS SANTOS<sup>1</sup>, ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA<sup>2</sup>, GEFFSON DE FIGUEREDO DANTAS<sup>3</sup>, GILMAR OLIVEIRA SANTOS<sup>4</sup>, GILBERTO APARECIDO RODRIGUÊS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), 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](mailto:miqueiassjp@yahoo.com.br);

<sup>2</sup> 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](mailto:rogeriofaria@fcav.unesp.br);

<sup>3</sup> Mestrando em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV-UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, cep: 148884-900, Jaboticabal/SP, Fone: (16) 98188-2927, e-mail: [geffson@hotmail.com](mailto:geffson@hotmail.com);

<sup>4, 5</sup> Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV-UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, cep: 148884-900, Jaboticabal/SP, Fone: (18) 98122-7569, e-mail: [gilmar\\_engambiental@yahoo.com.br](mailto:gilmar_engambiental@yahoo.com.br);

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Os modelos de simulação são ferramentas que permitem analisar cenários, considerando as diversas combinações dos fatores que influenciam na produtividade das culturas. O objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da época de semeadura, irrigação e adubação nitrogenada no estabelecimento e produtividade do milho safrinha para Jaboticabal – SP, mediante simulações de longo período com o modelo CERES. Os tratamentos consistiram na combinação de quatro épocas de semeadura, quatro doses de nitrogênio, nos Sistema Plantio Direto e Convencional, sob dois cenários: sem limitação hídrica (irrigação plena) e com limitação hídrica (não irrigado), considerando-se uma cultivar de ciclo médio, McCurdy-84aa, durante 14 anos. Os riscos de estabelecimento do milho “safrinha” aumentaram com o atraso da semeadura a partir de fevereiro. Sob o cultivo irrigado, a produtividade grãos aumentou com o atraso da semeadura, favorecida pela diminuição da temperatura. As maiores respostas produtivas ao nitrogênio, foram alcançadas no sistema irrigado, devido ao aproveitamento do N pela planta estar diretamente relacionado à disponibilidade hídrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** milho “safrinha”, época de semeadura, modelagem.

## SIMULATION OF CORN YIELD SING THE MODEL CERES-MAIZE

**ABSTRACT:** Simulation models are a valuable tool to analyse scenarios, considering the various combinations of the factors that influence crop productivity. The objective of this study was to investigate the effects of sowing date, irrigation and nitrogen fertilization on the establishment and yield of “off-season” maize in Jaboticabal – SP, through long period simulations using CERES model. The treatments consisted of four sowing dates, four nitrogen levels in Conventional and No-tillage Systems, under two scenarios: without water limitation (full irrigation) and water limitation (non-irrigated), assuming a medium cycle cultivar, McCurdy - 84aa for 14 years. The risk of establishment of corn "off-season" increased with late sowing starting in February. Under irrigation, grain yield as sowing was delayed, as an effect of decreasing temperature. The greatest productive N responses were achieved when using irrigation because of N use by the plant is directly related to water availability.

**KEYWORDS:** winter maize, sowing, modeling.

**INTRODUÇÃO:** O potencial produtivo torna o milho um dos mais importantes cereais cultivados. Apesar dessa importância, apenas uma pequena parcela de agricultores consegue explorar ao máximo o seu potencial produtivo, em virtude da ausência de recursos naturais que condicionam elevados desempenhos. Assim, o conhecimento sobre distribuição e volume das precipitações pluviométricas é fundamental para o planejamento das atividades agrícolas, como definição das datas mais apropriadas para semeadura, tratamentos culturais e manejo de sistemas de irrigação visando evitar o estresse hídrico nas

plantas (KLAR et al., 2006). No entanto, a possibilidade de execução de experimentos em todos os locais e épocas, para testar todas as variáveis de manejo e genótipos, é inviável, devido ao custo de instalação, condução e tempo disponível desde a sua realização até a divulgação dos resultados para os produtores. Nesse sentido, a simulação por meio de modelos de cultura é útil na otimização das práticas de manejo, ao simular quantitativamente a produtividade das culturas sob diferentes ambientes, ampliando, dessa forma, a capacidade de extrapolação dos resultados, orientando a pesquisa e potencializando os resultados (CARDOSO et al., 2004). Através do modelo CERES-Maize (JONES & KINIRY, 1986) é possível simular os principais processos fisiológicos de várias culturas, entre elas o milho, incluindo a fotossíntese, a respiração, a acumulação e a partição de biomassa, fenologia, crescimento, evapotranspiração e rendimento de grãos. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar os efeitos da época de semeadura no estabelecimento e na produtividade do milho “safrinha”, mediante simulações em computador, com o modelo CERES-Maize para Jaboticabal – SP.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As simulações foram feitas para cidade de Jaboticabal – SP (latitude 21°15'17”S, longitude 48°19'20”W e altitude de 607 m), cujo clima é classificado como subtropical-mesotérmico. A temperatura média anual na região é de 22° C e a precipitação média anual está ao redor de 1.424 mm. Os solos predominantes são Latossolo Vermelho-Escuro de fase arenosa e Latossolo Roxo. O relevo apresenta-se em grande extensão como suave-ondulado e ondulado, com altitude variando entre 465 e 685 m. Os dados meteorológicos requeridos pelo modelo CERES-Maize constituíram-se de registros diários de 14 anos (1999 a 2013), de temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, radiação solar, precipitação e velocidade do vento a 2 m, obtidos da estação climática da UNESP/Jaboticabal. O solo utilizado foi o de média retenção de água. Na simulação foi utilizada a cultivar McCurdy-84aa, do tipo médio/tardio, requerida pelo modelo de CERES-Maize. O período de semeadura abrangeu os meses de janeiro a março, sendo realizadas nos dias: 15 de janeiro; 1 de fevereiro; 15 de fevereiro; e 1 de março. Foram realizadas simulações para essas datas com sistemas de plantio convencional (SPC) e direto (SPD), com 4000 kg ha<sup>-1</sup> de palha de soja, sob condições de limitação de água (sequeiro) e sem stress hídrico (irrigado automático quando atingir 50% AD), em função das dosagens de N (0; 90; 180 e 270 kg ha<sup>-1</sup>). Além disso, considerou-se um espaçamento de 0,6 m entre linhas, com 7,2 plantas por m<sup>2</sup>. As simulações de longo período foram realizadas na sub-rotina “seasonal do sistema DSSAT 4.5”, a qual permite a simulação de ciclos de cultivos durante os vários anos considerados na série de dados meteorológicos históricos, assumindo-se as mesmas condições iniciais de solo e de manejo da cultura e diferentes condições meteorológicas ao longo dos anos analisados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Observou-se uma tendência de redução na produtividade do milho “safrinha” no sistema de sequeiro, à medida que a semeadura foi atrasada de janeiro a março (Figura 1), devido à diminuição da disponibilidade hídrica, decorrente da menor ocorrência de chuvas (Tabela 1). Sob irrigação, ocorreu um aumento da produtividade, à medida que a semeadura foi atrasada, evidenciando a importância da disponibilidade hídrica para o milho. Segundo BERGAMASCHI et al. (2006) avaliando o impacto do déficit hídrico, no rendimento de grãos de milho, e a eficácia da irrigação em todo ciclo, observou que déficit hídrico tem impacto sobre o rendimento de grãos de milho, sobretudo quando ocorre no florescimento, por afetar o número de espigas por planta. Houve um incremento na produtividade de milho com as doses de N no sistema sob irrigação, sendo a maior produtividade alcançada com a dose de 270 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1). No cultivo sob sequeiro a resposta produtiva foi menor, sendo a maior produtividade alcançada com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>. O incremento na produtividade de milho através da adição de N também foi constatada por outros autores (GOMES et al., 2007; PAVINATO et al., 2008). A menor disponibilidade hídrica e de nutrientes resulta em menor desenvolvimento da planta, menor acúmulo de fotoassimilados e menor produção de grãos, sendo o bom aproveitamento dos fertilizantes pela planta dependente da adequada disponibilidade de água (CARVALHO et al., 2001). Sendo assim, em lavouras irrigadas, pode-se aumentar os níveis de adubação, pois os riscos de perda de produtividade por déficit hídrico são minimizados. Nas quatro épocas de semeadura sob sistema irrigado, o rendimento de grãos e ciclo da cultura foram incrementados à medida que a época era atrasada. Isso ocorreu em função da diminuição da temperatura à medida que a época de semeadura foi tardando, como se observa na Tabela 1. A temperatura é o elemento climático mais importante para prever os eventos fenológicos da cultura,

desde que não ocorra deficiência hídrica, exercendo influencia nas etapas do seu desenvolvimento, provocando o encurtamento ou o prolongamento dessas, através do acúmulo de calor (SHIOGA e GERAGE, 2010). A temperatura da planta é basicamente a mesma do ambiente que a envolve, sendo assim, esse sincronismo, caso ocorra flutuações periódicas influenciam nos processos metabólicos que ocorrem no interior da planta. Nos momentos em que a temperatura é mais elevada, o processo metabólico é mais acelerado e, nos períodos mais frios, o metabolismo tende a diminuir. Assim, em temperaturas extremas o rendimento de grãos decresce, em razão do consumo dos produtos metabólicos elaborados, já que a respiração da planta é maior. O cultivo de milho sob SPD demandou menos água durante o ciclo da cultura (Figura 2). Estes resultados concordam com os encontrados por STONE E MOREIRA (2000), que observaram que o SPD é eficiente no acúmulo de água, propiciando maiores produtividades com menor quantidade de água aplicada. O SPD altera as características físico-hídricas do solo, em relação ao SPC, desse modo, o padrão dos fluxos de água no espaço e no tempo, no sistema solo-planta-atmosfera, é alterado (MORET e ARRÚE, 2007). Segundo DALMAGO et al. (2010), a variabilidade da evaporação entre sistemas de preparo do solo pode ser atribuída a dois fatores principais: o padrão de cobertura de palha na superfície e as alterações na estrutura porosa do solo.

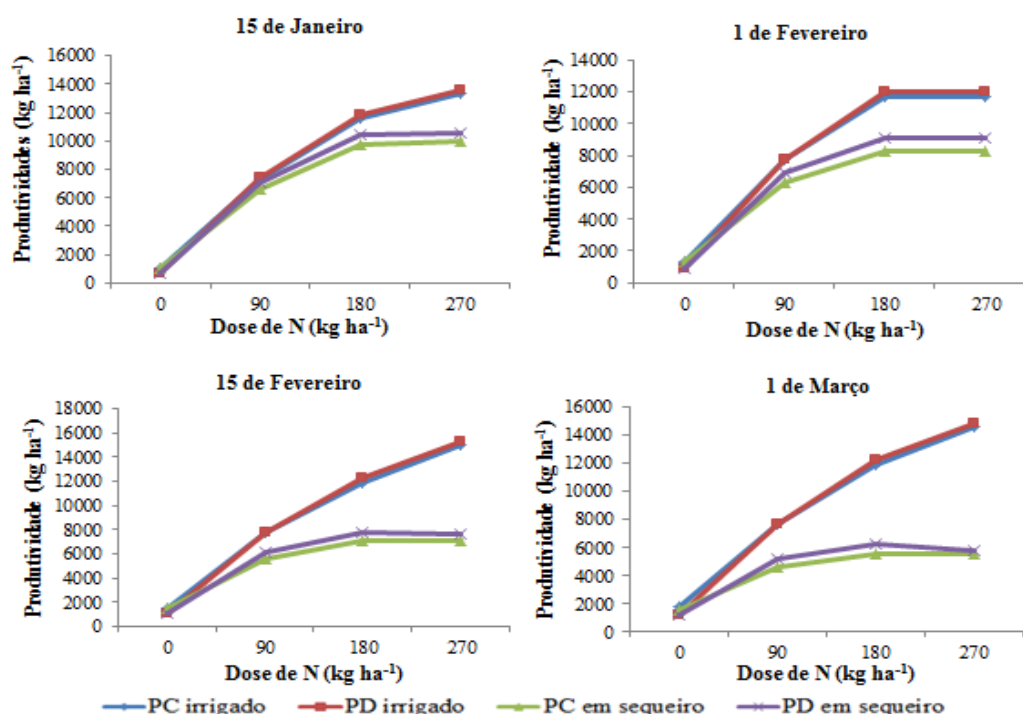


FIGURA 1. Produtividade do milho “safrinha” (cultivar McCurdy-84aa), devido a doses de N em diferentes épocas de semeadura, sistema de plantio e regime hídrico, em 14 anos de simulações, para Jaboticabal – SP.

TABELA 1. Duração do ciclo do milho “safrinha” (cultivar McCurdy-84aa), precipitação, radiação solar, temperatura máxima e mínima durante o ciclo, devido a épocas de cultivo, em 14 anos de simulações, para Jaboticabal – SP.

Épocas	Ciclo (dias)	Prec. (mm)	Rad. Sol. (MJ/m <sup>2</sup> )	T Máx. °C	T Mín. °C
1	122	647	18,36	30,19	16,69
2	129	524	17,56	29,47	17,52
3	134	427	16,19	29,00	16,67
4	140	325	16,79	28,56	15,81

Época 1= 15 de janeiro; Época 2= 1 de fevereiro; Época 3= 15 de fevereiro; Época 4= 1 de março.

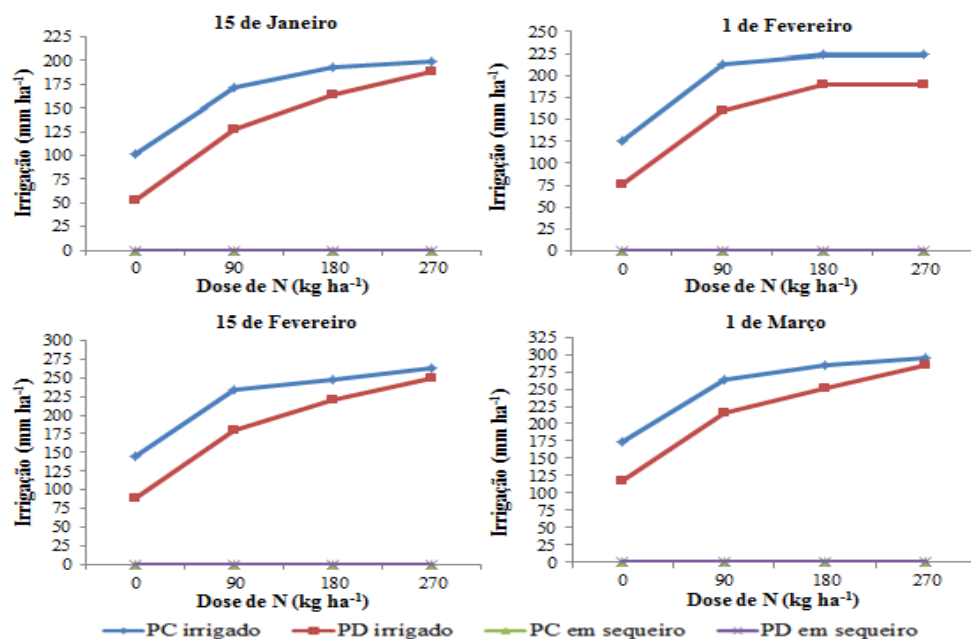


FIGURA 2. Demanda hídrica do milho “safrinha” (cultivar McCurdy-84aa), devido a doses de N em diferentes épocas de semeadura, sistema de plantio e regime hídrico, em 14 anos de simulações, para Jaboticabal – SP.

**CONCLUSÕES:** Os riscos de estabelecimento do milho “safrinha” aumentaram com o atraso da semeadura a partir de fevereiro. Sob o cultivo irrigado, a produtividade grãos tendeu a aumentar com o atraso da semeadura, em detrimento da diminuição da temperatura. As maiores respostas produtivas ao N, foram alcançadas no sistema irrigado, devido o aproveitamento do N pela planta está diretamente relacionado à disponibilidade hídrica.

## REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.243-249, 2006.
- CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T. de; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em LONDRINA - PR, utilizando o modelo CERES-MAIZE. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.291-300, 2004.
- CARVALHO, A. J. C. de.; MARTINS, D. P.; MONNERAT, P. H.; BERNARDO, S.; SILVA, J. C. da. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.403-408, 2001.
- DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.45, n.8, 2010.
- GOMES, R. F.; SILVA, A. G. DA. ASSIS, R. L. DE. PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, n.5, p.931-938, 2007.
- JONES, C.A.; KINIRY, J.R. **CERES-Maize**: A simulation model of maize growth and development. Texas A&M: Univ. Press., 1986. 194 p.
- KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O.; LIMA, J. P. P. Peroxidase activity as an indicator of water stress in sweet pepper plantas. **Irriga**, v.11, p.441-447, 2006.
- MORET, D.; ARRÚE, J.L. Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage. **Soil & Tillage Research**, v.96, p.103-113, 2007.
- PAVINATO, P. L.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.358-364, 2008.
- SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p. 236-253, 2010.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.835-841, 2000.