

Aplicação de Modelos Agrometeorológicos para Estimativa e Comparativo de Quebra de Produtividade de Milho em Cândido Mota, SP.

Angélica Praela-Pantano¹; Daniela Fernanda da Silva² e Aildson Pereira Duarte³

^{1,3} Instituto Agronômico de Campinas, angelica@iac.sp.gov.br, aildson@apta.sp.gov.br,

² Doutoranda Universidade Estadual de Campinas e bolsita Fapesp, silva.danielaf@gmail.com

Resumo - Os produtos agrícolas estão diretamente ligados as variações climáticas, e são essas variações que vão controlar a produção de determinada região. Vários estudos vêm sendo feito utilizando modelagem agrometeorológica, visando caracterizar esses efeitos das variações climáticas sobre a produtividade agrícola. Sob essa premissa os objetivos foram: relacionar as produtividades observadas da cultura do milho com as condições climáticas ocorridas nos ciclos de 2000/01 a 2010/11 em Cândido Mota, na região do Vale do Médio Paranapanema e testar modelos agrometeorológicos que levam em consideração déficits e excedentes hídricos para a estimativa da produtividade de milho na região. O Modelo 2, que considera déficit e excedente hídrico, apresentou resultados com maiores % de quebra na produtividade, quando comparado ao Modelo 1, que considera apenas o déficit hídrico. Desta forma, ficou comprovado que há uma relação direta entre a produtividade e principalmente com a distribuição das chuvas durante o cultivo de milho nessa localidade.

Palavras-chave: *Zea mays*, precipitação pluvial, Médio Paranapanema

Introdução

Na região do Médio Paranapanema, o milho verão é importante para a rotação de culturas com a soja. A produtividade media é relativamente baixa (6,2 t ha⁻¹), devido, principalmente, à variabilidade climática (DUARTE, 2007). A semeadura ocorre principalmente no mês de outubro, estendendo-se, em alguns anos, até o início de novembro, em conformidade com o zoneamento agrícola para o cultivo de milho no estado de São Paulo (CAMARGO, 1974), com a colheita concentrando-se no mês de fevereiro.

A deficiência hídrica afeta a produtividade de milho, principalmente quando ocorre durante o florescimento (HALL et al., 1981) e no período que compreende uma semana antes e até duas semanas depois do florescimento (ÇAKIR, 2004). Apesar disso, deficiências hídricas fracas no início do ciclo favorecem o desenvolvimento radicular. Períodos mais chuvosos durante as fases de semeadura, florescimento e enchimento de grãos são desejáveis; no entanto, quando em excesso, podem provocar o aumento da incidência de doenças, provocando perdas e depreciação na qualidade dos grãos (ROLIM et al., 2007 b).

Segundo Farias et al., (2009), um dos principais fatores de risco para qualquer atividade agrícola é o clima, sendo que dentre as variáveis climáticas que interferem na produtividade destacam-se a precipitação, a temperatura do ar, e a radiação solar. A

variabilidade temporal das condições climáticas regionais, notadamente na zona tropical, como é o caso de grande parte do território brasileiro, manifesta-se na forma de forte irregularidade pluviométrica (mensal e sazonal), uma vez que sua distribuição implica em conseqüências ambientais e socioeconômicas muito relevantes (PEREIRA et al., 2002).

Modelos agrometeorológicos têm sido utilizados visando caracterizar os efeitos das variações climáticas sobre a produtividade de grãos. Fonseca et al., (2005) afirma que os modelos agrometeorológicos visam representar de forma simplificada as relações existentes entre a resposta fisiológica das plantas e as variáveis ambientais durante os diferentes estádios fenológicos de uma cultura. King (1989), ressalta que os modelos agrometeorológicos não só explicam o fenômeno estudado, mas também permitem extrapolações para condições ambientais diferentes daquelas vigentes sobre os dados utilizados para a geração dos modelos.

A aplicação de modelos agrometeorológicos para estimativa de produtividade em uma região justifica-se pela importância da contribuição com o aumento do conhecimento da relação entre condições agrometeorológicas e a produtividade de uma determinada cultura (SILVA et al., 2011).

Os objetivos do trabalho foram: relacionar as produtividades observadas da cultura do milho com as condições climáticas ocorridas durante os ciclos de 2000-01 a 2010-11 em localidades da região do Vale do Médio Paranapanema e testar modelos de monitoramento agrometeorológicos que levam em consideração déficits e excedentes hídricos para a estimativa da produtividade da cultura do milho na região.

Material e Método

O Vale do Médio Paranapanema encontra-se entre as latitudes 21°15'S e 23°30'S e longitude de 49°00'W e 53°10'W. A temperatura média da região fica em torno de 22,6 °C e a precipitação pluvial anual 1.217 mm, segundo a classificação climática de Köppen, clima dominante é o "Cwa" (mesotérmico, de inverno seco), porém a região se encontra em uma área de transição climática para "Cfa" (mesotérmico e úmido).

Os dados diários de precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas do ar (C°) para o período em estudo (2001 a 2011) foram obtidos junto ao banco de dados do Centro de Informação Agrometeorológicas (CIIAGRO), do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), oriundos dos postos meteorológicos das Estações Experimentais Convencionais e Automáticas. Foram elaborados os Balanço Hídrico Sequencial Thornthwaite & Mather (1955), em escala decenal, o qual permite monitorar o armazenamento hídrico do solo.

O cálculo da Produtividade Potencial (Y_p) revela o nível tecnológico aplicado à lavoura. O valor da maior produtividade obtida no período analisado foi acrescido de 10%, com o objetivo de eliminar qualquer efeito do ambiente que pudesse interferir sobre o potencial de produtividade, conforme Kanemasu (1998).

O modelo multiplicativo (DOORENBOS & KASSAM (1979), considera o produtório das relações ET_r/ET_p em nível decendial, reduzindo a produção à medida que as necessidades hídricas da cultura deixam de ser satisfeitas durante os estádios fenológicos considerados, de forma que:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{i=1}^4 \left[1 - k_{y_i} \left(1 - \frac{ET_r}{ET_p} \right)_i \right] \quad (\text{modelo 1})$$

onde \prod significa produtório e o k_{y_i} é o coeficiente de penalização da produtividade por déficit hídrico para cada estágio fenológico, sendo considerados os estádios fenológicos e K_y respectivos: desenvolvimento vegetativo (0,40), Floração (1,5), Frutificação (0,50) e Maturação (0,2).

O segundo modelo utilizado foi o modelo modificado por Camargo (1986), que leva em consideração um fator relacionado à penalização para excedentes hídricos, denominado fator excedente (fe) proposto por Brunini et al., (1982). A inclusão desse fator no modelo multiplicativo de Doorenbos & Kassam (1979) tende a melhorar o desempenho do modelo, visto que períodos com excesso de chuva resultam em considerável redução na produtividade de grãos, dependendo da fase em que atinge a cultura.

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{i=1}^4 \left[1 - k_{y_i} \left(1 - \frac{ET_r}{ET_p} \right)_i * [1 - k_{e_i} (1 - fs_i)] \right] \quad (\text{modelo 2})$$

onde os valores de k_y foram os mesmos do modelo 1, e k_e o coeficiente de penalização da produtividade por excedente hídrico, proposto por Camargo et al., (1986). O fator excedente (fe) é a relação entre o excedente do balanço hídrico (EXC) e a ET_p em períodos decendiais, da seguinte forma:

$$fs = \left[1 - \frac{(EXC - ET_p)}{EXC} \right]$$

A única condição é que o EXC deve ser superior ou igual à ET_p . Quando a ET_p for maior que o EXC , o fs será igual à unidade, independente do resultado (BRUNINI et al.,1982).

Resultados e Discussão

Observou-se tendência de aumento da produtividade média real ao longo do período analisado, que pode ser atribuída à melhoria das cultivares e tratos culturais, destacando-se a adoção do sistema de plantio direto, o que também já havia sido observado por Duarte et al., (2007).

Na tabela 1 são apresentados os valores de produtividades estimadas pelos Modelos 1 e 2, comparados com os valores de produtividade observada e a porcentagem de quebra calculada pelos modelos, para Cândido Mota. A produtividade potencial para essa localidade é de 11.320 kg/ha. As saídas dos modelos indicam a quebra na produtividade que ocorreram considerando déficit (modelo 1) e déficit e excedente hídrico (modelo 2). Dentro do período analisado, observou-se que a safra 2001/2002 foi muito semelhante à de 2010/2011, sendo as mais produtivas do período. Já a safra de 2008/2009, sofreu maior quebra na produtividade devido as condições de clima ocorridas no período de cultivo da cultura, tendo uma quebra de 94,7 e 95,4% de acordo com os modelos 1 e 2, respectivamente. O r^2 foi de 0,615 e 0,675 para os modelos 1 e 2, respectivamente, mostrando a variação entre a produtividade estimada e a observada (Figura 1).

A Figura 2 mostra as condições de armazenamento de água no solo e o déficit hídrico ocorrido na safra de 2008/09. Observou-se que o solo estava com baixa reserva de água na semeadura, e em seguida houve um período de déficit hídrico, coincidindo com o período de desenvolvimento da cultura. As chuvas ocorridas durante o estabelecimento da cultura, não foram suficiente para manter o solo em condições satisfatórias de umidade o florescimento ocorreu em período também de déficit hídrico. Após o florescimento (depois de 70 dias após a semeadura), ocorreu excesso de chuva, o que pode ter afetado a polinização das flores, causando abortamento das mesmas. Além de que a alta umidade também pode ter contribuído para ocorrência de doenças como observado por Rolim et al., 2007 b.

Nas safras de 03/04 e 05/06, em que foram registradas altas produtividades, as chuvas registradas ficaram cerca de 300 e 100 mm abaixo da média histórica da região, respectivamente. No entanto, não afetaram a produtividade, devido ao fato de terem sido mais bem distribuídas, pois ocorreram durante todo o ciclo e atenderam as condições hídricas da cultura de forma satisfatória (PRELA-PANTANO et al. 2011).

O efeito da precipitação na produtividade está muito mais relacionado com a época e a distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura. Isso acontece devido ao fato da cultura possuir necessidades hídricas e sensibilidade ao estresse hídrico diferentes em cada fase fenológica (ÇAKIR, 2004). Com esses resultados fica evidenciado que há uma relação

direta entre a produtividade e a ocorrência e principalmente com a distribuição das chuvas na região. A variação da produtividade também deve ser atribuída, além de à precipitação adequada, ao manejo e aquisição de tecnologias adotadas pelos agricultores da região, corroborando com resultados apresentados por Prela-Pantano, et.al. (2011) . No entanto os modelos agrometeorológicos existentes não podem mensurar o efeito da tecnologia na produtividade.

Conclusões

- Utilizando esses modelos é possível estimar a produtividade a partir da data de semeadura acordo com as condições hídricas do ciclo.
- O Modelo 2, que considera déficit e excedente hídrico, apresentou resultados com maiores % de quebra, quando comparado ao Modelo 1, que considera apenas o déficit hídrico.

Literatura citada

BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C.; MASCARENHAS, H.A.; PEREIRA, J.C.V.; SCHIMIDT, N.C. Teste de um modelo agroclimático que relacione o regime pluviométrico com as variações da produtividade agrícola. In: SEGOVIA, R. M., ed. Determinação do efeito da precipitação pluviométrica na produtividade agrícola. Brasília.1982. p. 21-46.

ÇAKIR, R. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. v.89, p.1–16. 2004.

CAMARGO, A.P. de; PINTO, H.S.; PEDRO JUNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, A.A.; ORTOLANI, A.A. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: São Paulo (Estado). Secretaria de Agricultura. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, 1974. v.1, p.109-150.

CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O. & MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 45, n. 2, p. 279-292, 1986.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 197p.

DUARTE, A. P.; SAWAZAKI, E.; CANTARELLA, H.; FANTIN, G. M.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Cultura do Milho. In: DUARTE, A. P. (Ed.). *Dois Décadas da Estação Experimental de Agronomia - Apta Médio Paranapanema: Histórico, presente e perspectivas*. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 79-89.

FONSECA, E.L. da; FORMAGGIO, A.R.; PONZONI, F.J. Parametrização de modelo agrometeorológico - espectral para estimativa da produção de pastagens do bioma *Campos Sulinos* (RS). In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia, Anais... São José dos Campos: INPE , 2005. p. 127-134.

KANEMASU, E.T.; Yeld and water-usage relationships: some problems of relating grain yield to transpiration. In: MORAES, A.V.C.: Desenvolvimento e análise de modelos agrometeorológicos de estimativa de produtividade para a cultura da soja na região de Ribeirão Preto, SP. 1998. 95f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura ‘Luis de Queiroz’, Piracicaba.

KING, D. Remote sensing and agrometeorological models for yield forecasts. Ispra: Joint Research Centre, 1989. 25p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 478p, 2002.

PRELA-PANTANO, DUARTE, A.P.; SILVA, D.F.; ROLIM, G.S.; CASER, D.V. Produtividade de milho, precipitação e ocorrência de Enos, na região do Médio Paranapanema, SP, Brasil. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. Sete Lagoas. v.10, n.2, p.146-157. 2011.

ROLIM, G.S.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; FANTIN, G.M.; BRUNINI, O.; DUARTE, A.P.; DIDUENAS, C. Modelo Agrometeorológico Regional para estimativa da severidade da Mancha de *Phaeosphaeria* em milho safrinha no estado de São Paulo. Bragantia, v.66, n.4, p.721-728, 2007b.

SILVA, D.F.da. Uso de Modelos Agrometeorológicos de estimativa de produtividade e risco climático da soja na vale do médio Paranapanema – SP. 201. 80f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agronômico, Campinas – SP.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, v 38, p. 55-94, 1948.

Tabela 1 – Produtividades observada e estimada pelos Modelos 1 e 2 e suas respectivas porcentagem de quebra, para Cândido Mota, SP, nas safras de 2001/02 a 2010/11.

Safr	Produtividade observada (Kg/ha)	Modelo 1		Modelo 2	
		Quebra (%)	Produtividade Estimada (Kg/ha)	Quebra (%)	Produtividade Estimada (Kg/ha)
2001/02	10109	44,5	6280	47,6	5930
2002/03	7418	48,9	5776	62,2	4283
2003/04	7762	27,2	8244	33,4	75423
2004/05	8819	13,4	9808	27,7	8180
2005/06	9031	25,5	8432	29,6	7966
2006/07	8193	48,3	5849	51,8	5455
2007/08	8485	51,1	4865	51,1	4866
2008/09	4668	94,7	598	95,4	524
2009/10	9132	20,1	9040	27,8	8244
2010/11	10291	14,2	9710	24,1	8587

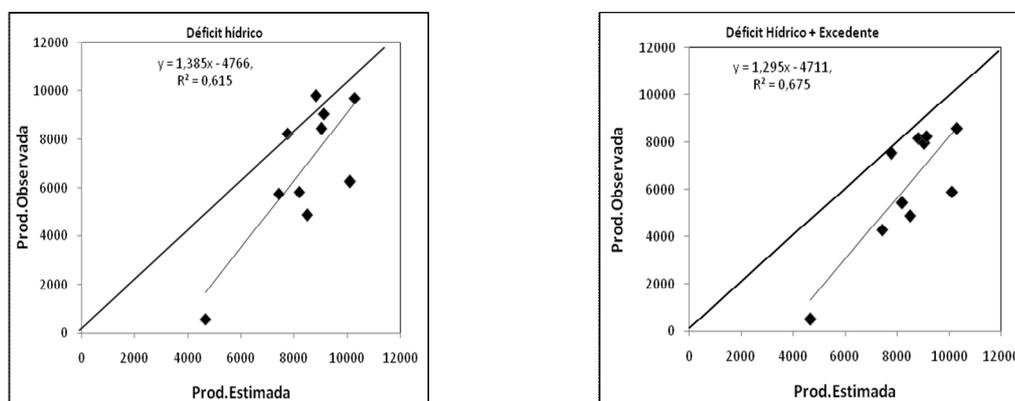


Figura 1 – Relação das Produtividades de milho (kg/ha) observadas e estimadas pelo modelo 1 e 2 no município de Cândido Mota, SP, no período de 2001/02 a 2010/11.

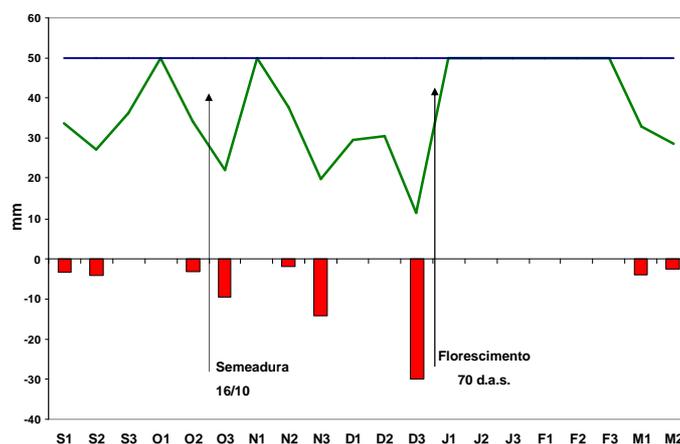


Figura 2 – Capacidade de armazenamento de água no solo (CAD = 50 mm), e Déficit Hídrico (mm) para Cândido Mota, na safra 2008/09.