

MODELO PARA ESTIMATIVA DA DEPLEÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA CULTURA DE MILHO COM BASE NO BALANÇO HÍDRICO

Luís Gonzaga Medeiros de FIGUEREDO JÚNIOR¹, Durval DOURADO NETO^{2,6}, José Antônio Frizzone^{3,6}, Nilson Augusto VILLA NOVA^{4,6}, Paulo Augusto MANFRON⁵.

Introdução

Entre as principais culturas de cereais dos trópicos sub-úmidos e semi-áridos, o milho tem a mais alta produção em condições ótimas de água e fertilidade do solo. Porém, é uma das culturas mais sensíveis ao estresse hídrico (FANCELLI & LIMA, 1982).

O balanço hídrico é estimado com a finalidade de se conhecer a deficiência e/ou excedente hídricos durante o ciclo de uma cultura, constituindo-se em uma ferramenta muito útil para a recomendação ou não do seu cultivo em determinada região, bem como para definir época de semeadura (THORNTHWAITE & MATHER, 1955).

A cultura do milho apresenta três estádios de desenvolvimento mais sensíveis ao déficit hídrico: (i) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência; (ii) fertilização, e (iii) enchimento de grãos (PATERNIANI, 1978).

A relação entre o rendimento relativo e a evapotranspiração relativa (razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima) vem sendo utilizada em modelos de simulação de culturas que utilizam disponibilidades energéticas e hídricas, assumindo grande importância no planejamento das culturas irrigadas (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

A quantificação de elementos climáticos, portanto, pode ser utilizada no ajuste de modelos de simulação de desenvolvimento e crescimento de culturas, sendo um importante instrumento para pesquisa, planejamento e monitoramento de culturas. O presente trabalho tem por objetivo, estimar perdas de rendimento de milho com base na evapotranspiração relativa da cultura.

Material e métodos

O modelo proposto para estimativa da depleção de produtividade de milho a partir do balanço hídrico, foi elaborado com base na relação entre evapotranspiração real e evapotranspiração máxima da cultura.

A equação que representa o fator de depleção (F_d) de produtividade causada pela deficiência de água no solo é expressa pela razão entre a evapotranspiração real (ET_r) e a evapotranspiração máxima (ET_m) nas diferentes fases (i) do ciclo, tendo o coeficiente de cultivo (K_c) como fator de ponderação, ou seja:

$$F_d = \prod_{i=1}^n \left(\frac{ET_r}{ET_m} \right)^{K_{c_i}}$$

Os valores de K_c utilizados nas estimativas, foram obtidos na literatura (DOORENBOS & PRUITT, 1997), cujos dados são considerados universais e válidos para diferentes regiões geográficas.

$$ET_0 = 0,53 \cdot \left(10 \cdot \frac{T_i}{I} \right)^a \cdot \left(\frac{H_i}{12} \right) \cdot N_i$$

Para calcular evapotranspiração de referência (ET_0) adotou-se o método de Thornthwaite (1948), sendo sua equação expressa por:

em que T_i refere-se à temperatura média ($^{\circ}C$), I ao índice térmico, a ao coeficiente empírico composto, N_i ao número de dias e H_i ao número possível de horas de brilho solar no dia mediano do i -ésimo período.

A evapotranspiração máxima da cultura, é estimada pela multiplicação entre a evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultivo no i -ésimo período (i), ou seja:

$$ET_{m_i} = ET_0 \cdot K_{c_i}$$

A evapotranspiração real é definida como a perda de água pelas plantas que realmente ocorre em função da disponibilidade de água no solo. Há duas situações distintas para o seu cálculo:

$$ET_{r_i} = ET_{m_i} \quad (p_{pt_i} \geq ET_{m_i})$$

$$ET_{r_i} = p_{pt_i} + |S_i| \quad (p_{pt_i} < ET_{m_i})$$

em que p_{pt_i} refere-se à precipitação e S_i ao saldo do armazenamento no i -ésimo período.

Para elaboração do balanço hídrico, adotou-se o método proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955), sendo utilizados dados médios mensais referentes ao município de Colina, SP (20°43' latitude Sul, 48°32' longitude Oeste, 589 m de altitude). As épocas de semeadura simuladas (ciclo de 120 dias) foram os meses de outubro e março, que normalmente são as épocas adotadas por produtores de milho no estado de São Paulo, conhecidas como "safra normal" e "safrinha", respectivamente. Além disso, simulou-se condições de restrição hídrica (local hipotético) para cada fase de desenvolvimento da cultura de milho, variando-se a evapotranspiração relativa de 0 a 100%.

Resultados e discussão

O fator de depleção de produtividade é um fator multiplicativo do rendimento potencial, podendo variar de 0 (zero) a 1 (um).

Considerando a depleção ocasionada pela deficiência hídrica em Colina (SP), o rendimento de

¹Eng. Agrônomo. Doutorando em Irrigação e Drenagem USP-ESALQ. Bolsista CAPES. lgfigue@esalq.usp.br;

²Dr. Prof. Departamento de Produção Vegetal USP-ESALQ, dourado@esalq.usp.br;

³ Dr. Prof. Departamento de Engenharia Rural USP-ESALQ, frizzone@esalq.usp.br ;

⁴Dr. Prof. Departamento de Ciências Exatas USP-ESALQ, navnova@esalq.usp.br;

⁵Dr. Prof. Departamento de Fitotecnia CCR-UFSM, manfron@ccr.ufsm.br;

⁶Bolsista CNPq.

milho, sofreu uma redução de 53% ($F_d = 0,47$) para semeadura em março. Já para a semeadura em outubro, não ocorre redução no rendimento devido à deficiência hídrica. Analisando-se o balanço hídrico (Tabela 1) dessa localidade, pode-se comprovar que ocorre deficiência hídrica apenas na "safrinha".

Com relação à deficiência hídrica nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura de milho, observa-se que o modelo estima as maiores perdas de rendimento quando o déficit hídrico ocorre durante o florescimento, para qualquer nível de restrição hídrica (Figura 1). Por outro lado, o estabelecimento da cultura é a fase mais tolerante ao estresse hídrico, sendo que restrições da ordem de 50%, resultam em perdas de apenas 20% no rendimento potencial (Figura 1).

Em outros modelos de simulação de culturas, como o que foi proposto por FIGUEREDO JÚNIOR et al (2002) para estimativa do rendimento potencial de milho, pode-se utilizar o fator de depleção ora proposto. Vale ressaltar que a depleção estimada pelo presente modelo, é função apenas da deficiência hídrica durante o desenvolvimento da cultura. Dessa forma, considera-se que os demais agentes, como fatores bióticos, características do solo e estado nutricional da planta, não são limitantes no processo de produção de milho, proporcionando rendimento potencial da cultura.

Conclusão

As perdas de produtividade provocadas pela deficiência hídrica em determinada(s) fase(s) do

ciclo da cultura, podem ser estimadas com base no modelo ora apresentado.

Referências bibliográficas

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de GHEYI, H. et al. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33)
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de GHEYI, H. et al. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24)
- FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. **Milho: Produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: FEALQ, 1982. 112p.
- FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.M.; DOURADO NETO, D.; VILLA NOVA, N.A.; GARCIA, A.G.y. Proposta de modelo mecanístico para a estimativa de rendimento potencial da cultura de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 24., Florianópolis, 2002. **CD-Rom...** Florianópolis: CNPMS/EPAGRI, 2002.
- PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. São Paulo: Fundação Cargill, 1978. 650p.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev.**, v.38, p.55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publications in climatology**, New Jersey, Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, 1955. 104p.

Tabela 1. Balanço hídrico climatológico normal por Thornwaite & Mather (1955) para o município de Colina, SP.

Meses	T (°C)	Ppt	ET ₀	L	Arm ¹	S	ETr	Dh	Exc	
					mm					
Jan	24,7	242	124,7	0,0	60,0	0,0	124,7	0,0	117,3	
Fev	24,8	218	115,0	0,0	60,0	0,0	115,0	0,0	103,0	
Mar	24,4	152	117,2	0,0	60,0	0,0	117,2	0,0	34,8	
Abr	22,7	61	88,7	-27,7	37,8	-22,2	83,2	5,5	0,0	
Mai	20,6	35	67,2	-59,9	22,1	-15,7	50,7	16,5	0,0	
Jun	19,5	26	54,0	-87,9	13,9	-8,3	34,3	19,8	0,0	
Jul	19,4	13	54,7	-129,6	6,9	-6,9	19,9	34,7	0,0	
Ago	21,5	12	74,0	-191,6	2,5	-4,5	16,5	57,6	0,0	
Set	23,2	39	92,2	-244,9	1,0	-1,4	40,4	51,8	0,0	
Out	24	115	109,9	-136,9	6,1	5,1	109,9	0,0	0,0	
Nov	24,1	153	112,7	-15,4	46,4	40,3	112,7	0,0	0,0	
Dez	24,4	229	124,1	0,0	60,0	13,6	124,1	0,0	91,3	

¹Capacidade de água disponível de 60 mm.

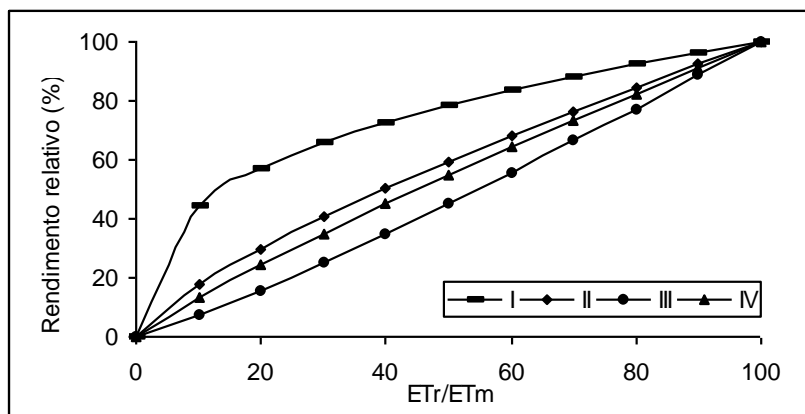


Figura 1. Rendimento relativo de milho estimado com restrição hídrica nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura: I – estabelecimento ($K_c = 0,35$); II – período vegetativo ($K_c = 0,75$); III – florescimento ($K_c = 1,15$); IV – formação de grãos e maturação ($K_c = 0,85$).