

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA MILHO IRRIGADO VIA MODELAGEM ESTOCÁSTICA

Marcia Xavier PEITER¹, Fazal Hussain CHAUDHRY²

Introdução

A incerteza hidrometeorológica é um dos principais obstáculos aos empreendimentos agrícolas rentáveis. Desta forma, o planejamento e o manejo de sistemas agrícolas irrigados vêm fazendo, uso dos métodos estocásticos para os fatores climáticos, a fim de quantificar as necessidades da agricultura irrigada, divergindo cada vez mais das técnicas determinísticas empregadas no passado. Os procedimentos mais modernos via simulação computacional permitem a incorporação, neste tipo de análise, da simulação Monte-Carlo para prover os insumos climatológicos, acoplar modelos de simulação da produção de culturas e utilizar informações relacionadas ao manejo em termos de custos e benefícios para levantar, não somente estatísticas de demandas, como também os retornos líquidos. A grande vantagem da geração de séries sintéticas como entradas para modelos de simulação é disponibilização de uma estrutura com possibilidade de previsão de informações referentes a momento de rega, necessidade hídrica, local e outras situações para as quais os dados históricos e experimentais nem sempre estão disponíveis. O presente trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para seleção de estratégias de irrigação suplementar com base na avaliação do retorno líquido da irrigação.

Material e métodos

Para atingir o objetivo proposto, o modelo de simulação do ciclo de crescimento de milho – CropSyst - de STOCKLE & CAMPBELL (1985) foi calibrado e validado nas condições de clima e solo da região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, conforme é apresentado por PEITER & CHAUDHRY (1998). A seguir foram coletadas séries climáticas históricas disponíveis da cidade de Santa Maria, RS referentes a precipitação pluviométrica, número de horas de insolação e temperatura máxima e temperatura mínima diárias (dados de entrada do modelo CropSyst) para o período de cultivo de milho. Com os dados do ano mais seco do registro histórico, testaram-se 24 estratégias de irrigação com lâminas fixas, lâminas variáveis e distintos indicativos do momento de rega (PEITER, 1998), selecionando-se as cinco estratégias mais eficientes em relação a eficiência de uso da água e rendimento da cultura. Com o modelo de simulação calibrado e as estratégias de irrigação suplementar selecionadas, iniciou-se o procedimento de modelagem dos dados climatológicos do registro coletado para geração das séries sintéticas.

A precipitação pluviométrica diária foi modelada em duas etapas (ocorrência e quantidade) admitindo-se a hipótese de persistência em 1ª ordem. Portanto, foi elaborada uma matriz de transição através de contagem dos eventos associados às probabilidades de ocorrência e não-ocorrência de chuva em função do dia anterior para 16 anos do registro histórico no período de cultivo de verão. Não foi considerada a variação das probabilidades ao longo do período de cultivo em vista deste registro relativamente curto e por considerar adequado o modelo simplificado. A quantidade de chuva para os dias chuvosos foi calculada através da distribuição gama a dois parâmetros. A modelagem das variáveis de temperatura máxima diária - $X_1(t)$, temperatura mínima diária - $X_2(t)$ e insolação diária - $X_3(t)$, por serem relacionadas entre si, permitiu o uso de um modelo estacionário multivariado autoregressivo de 1ª ordem AR(1). Recorreu-se ao procedimento usual de tratar das não estacionariedades sazonais na média e na variância destas variáveis, estimando-se externamente os seus primeiros dois momentos e posteriormente normalizando aos processos média zero e desvio padrão um.

A variação temporal da média e desvio padrão das três variáveis ao longo do período de cultivo foi descrita através de funções senoidais simples. A modelagem das séries normalizadas pelo processo autoregressivo multivariado de primeira ordem, AR(1), sugerido por MATALAS (1967), expresso por:

$$Z(t) = \mathbf{A}.Z(t-1) + \mathbf{B}\varepsilon(t)$$

onde:

$$Z^T(t) = [Z_1(t), \dots, Z_n(t)]$$

e

$$\varepsilon(t) = [\varepsilon_1(t), \dots, \varepsilon_n(t)]$$

A estimação dos parâmetros do modelo foi feita via método dos momentos. O modelo selecionado, estimado e verificado permitiu a geração de seqüências sintéticas estatisticamente indistinguíveis das séries históricas (BRAS & RODRÍGUEZ-ITURBE, 1984). A geração das séries de variáveis normalizadas foi inicializada arbitrando-se o valor zero para $Z_1(t-1)$, $Z_2(t-1)$ e $Z_3(t-1)$ como o seu valor médio, gerando-se séries com o dobro do comprimento requerido (146 dias) e aceitando-se a segunda metade como a série gerada. O procedimento de desprezar um número razoável dos primeiros valores das séries geradas objetivou assegurar que o restante fique independente do tipo de inicialização adotado aqui. Uma vez geradas as séries das variáveis normalizadas (Z_1 , Z_2 e Z_3), aplicaram-se as transformações inversas para obter os valores das variáveis (X_1 , X_2 e X_3).

Com a metodologia acima especificada, obteve-se 32 séries sintéticas de precipitação pluviométrica, temperatura máxima, temperatura mínima e insolação diárias que foram utilizadas como dados de entrada no

¹ Professora TI, Dr. – Laboratório de Hidráulica Agrícola – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Santiago. Av. Batista Bonotto Sobrinho, s/n. – Santiago, RS – 97.700-000. E-mail: mpeiter@santiagonet.com.br. Tel/Fax: (0xx55) 251-3151 – Ramal 220.

² Professor Titular, PhD – Departamento de Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos/USP.

modelo CropSyst. Foi simulado, com estes dados de entrada, o desenvolvimento do ciclo vital da cultura sem irrigação e com as cinco estratégias de irrigação suplementar selecionadas, a saber:

(Estratégia 1) irriga-se com a elevação do conteúdo de água do solo até a capacidade de campo sempre que a fração de água disponível à cultura for igual ou menor que 0,5; (Estratégia 2) irriga-se com a lâmina de 20mm sempre que a fração de água disponível à cultura for igual ou menor que 0,4; (Estratégia 3) irriga-se nos quatro estágios de desenvolvimento da cultura: 1º estágio - $FAD_{mín} = 0,6$; 2º estágio - $FAD_{mín} = 0,6$; 3º estágio - $FAD_{mín} = 0,75$; 4º estágio - $FAD_{mín} = 0,6$; (Estratégia 4) irriga-se com a lâmina de 20mm sempre que o potencial de água na folha ($\square F_{mín}$) for igual ou inferior a $-1350J/kg$; e, (Estratégia 5) irriga-se elevando o conteúdo de água até a capacidade de campo sempre que o potencial de água na folha ($\square F_{mín}$) for igual ou inferior a $-1350J/kg$.

A produção em grãos (kg/ha), em um determinado estágio, foi calculada multiplicando-se o valor de matéria seca modelado pelo índice de colheita médio obtido no experimento de validação do modelo de simulação ($IC=0,31$) da cultivar selecionada (Pioneer 3069). Com os resultados de produção de grãos da cultura, calculou-se o benefício líquido dado pelo sistema de irrigação, através da seguinte equação:

$$C = P.R - C.I.d$$

onde P é o preço do produto - milho (US\$0,133/kg); R é a produção (em grãos) em kg/ha, CI é o custo da lâmina de irrigação (US\$0,2/ha.mm); e, d é a lâmina de irrigação aplicada (mm).

Resultados e discussão

O resultado das simulações do desenvolvimento da cultura com as séries climatológicas geradas sem a utilização de irrigação demonstrou que existe uma probabilidade de aproximadamente 10% de ocorrência de perda total do capital investido por falta de água para a cultura durante o seu período de crescimento. Para as simulações com irrigação, observou-se que todas as estratégias de irrigação testadas conduziram a cultura a níveis de produção de grãos próximos da capacidade genética da cultivar Pioneer 3069. Houve uma diferença máxima de 527kg entre a maior e a menor produção obtida com irrigações. Verificou-se que a utilização da estratégia 1 permitiu à cultura a maximização da produção grãos em todas as séries geradas (6.417 kg.ha⁻¹).

As conseqüências econômicas das cinco estratégias de irrigação testadas são apresentadas na Figura 1, através da probabilidade de ocorrência acumulada do benefício líquido relativo. De acordo com MJELDE et al. (1992), a determinação da melhor estratégia de irrigação suplementar pode ser feita através do critério de dominância estocástica de primeira ordem (FSD) com a análise da distribuição de probabilidade acumulada dos benefícios líquidos. A partir deste critério, pode-se dizer que a Estratégia 2 apresenta dominância sobre as demais estratégias avaliadas.

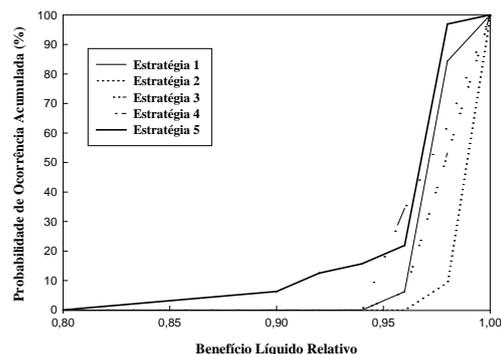


Figura 1. Probabilidade de ocorrência acumulada do benefício líquido relativo de cinco estratégias de irrigação suplementar para a cultura do milho na região da Depressão Central, RS.

Conclusão

Através dos resultados obtidos, verifica-se que a estratégia 2, que contempla o controle das irrigações através do nível de depleção de água no solo e a dose de irrigação fixa é a mais viável economicamente para a cultura do milho. Sugere-se, para trabalhos posteriores, a avaliação do desempenho econômico de outras culturas na região da Depressão Central do RS com a mesma metodologia e a análise de sensibilidade desta avaliação ao custo da água.

Referências bibliográficas

- BRAS, R.L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. **Random Functions and Hydrology**. New York, Addison-Wesley, 559 p., 1984.
- MATALAS, N.C. Mathematical assessment of synthetic hydrology. **Water Resources Research**, v.3, n.4, p.937-945, 1967.
- MJELDE, J.W.; LACEWELL, R.D.; TALPAZ, H.; TAYLOR, C.R. (1992). Economics of irrigation management. In: HOFFMAN, G.J. HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. **Farm irrigation systems**. 1 ed. Saint Joseph, ASAE. Cap. 13, p.461-493.
- PEITER, M.X. **Estudo do manejo da irrigação via modelo de simulação**. 1998. 187p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.
- PEITER, M.X.; CHAUDHRY, F.H. Previsão da produção de milho submetido a diferentes níveis de manejo de irrigação via modelo de simulação. **Irriga**, Botucatu, v.3, n.2, p.76-95, 1998.
- STOCKLE, C.; CAMPBELL, G. (1985). A simulation model for predicting effect of water stress on yield: an example using corn. In: HILLEL, D. **Advances in Irrigation**. New York, Academic Press. v.3.