

ATENDIMENTO HÍDRICO PARA A CULTURA DA SOJA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NA REGIÃO DE ILHA SOLTEIRA-S.P.

Fernando Miqueletti¹, Ricardo A. F. Rodrigues²

¹Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Unesp-Ilha Solteira. ² Eng. Agrícola, Professor Adjunto, Agronomia-Unesp-Ilha Solteira-SP.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O trabalho teve por objetivo estimar a probabilidade da precipitação atender a necessidade de água da cultura da soja em diferentes datas, com o objetivo de determinar a melhor época de semeadura na região de Ilha Solteira-SP. Foram utilizados os valores diários de precipitação e evaporação da estação meteorológica, pertencente à CESP, localizada em Ilha Solteira-SP, no período de 1978 a 2005, para os meses de outubro, novembro e primeira quinzena de dezembro, sendo os valores agrupados em quinqüídios. A probabilidade de atendimento hídrico foi determinada usando-se função com distribuição gama reduzida, utilizando estimativas prévias da probabilidade de distribuição da precipitação e da evapotranspiração das culturas. Os valores de precipitação utilizados foram os correspondentes a probabilidade de ocorrência de 75% e a evapotranspiração da cultura foi estimada pelo método do Tanque Classe A. As melhores épocas de semeadura para a cultura da soja ocorrem no mês de novembro, com exceção do quarto e quinto quinqüídios. No primeiro e terceiro quinqüídios de dezembro também existe boa possibilidade para semeadura. As simulações apresentaram baixas probabilidades de atendimento hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, PRECIPITAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO GAMA.

PROBABILITY HYDRIC SUPPLY OF THE SOYBEAN CROP AT DIFFERENT SOWING PERIODS IN THE REGION OF ILHA SOLTEIRA-S.P.

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate the probability water supply by rainfall for dry soybean crop in the region of Ilha Solteira-SP. Values of precipitation and evaporation of the meteorological station were used, belonging to the CESP, located in Ilha Solteira-SP, in the period from 1978 to 2005, for the months of October, November and first fortnight of December, being the values group in 5-day interval. The probability of rainfall supply was determined being used function with gama distribution reduced, based on previous estimates of the probability of distribution of the precipitation and of the evapotranspiration of crop. The precipitation values used were the correspondents the probability of occurrence of 75% and the evapotranspiration of the crop was estimated by the Class A. The best sowing periods for crop of the soybean, it happens happen in the month of November, except for the fourth and fifth 5-day interval. In the first and third 5-day interval of December good possibility also exists for sowing. With those results it can be concluded that the simulations presented low probabilities of rainfall supply.

KEYWORDS: *Glycine max*, PRECIPITATION, GAMA DISTRIBUTION.

INTRODUÇÃO: No Brasil a cultura da soja teve um grande desenvolvimento nas últimas três décadas, sendo atualmente, a principal fonte de exportação agrícola e uma das

responsáveis pelo superávit da balança comercial do país. O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira estão associados aos avanços científicos e à disponibilidade de tecnologias ao setor produtivo (MERCANTE, 2003). Os baixos rendimentos médios da cultura da soja estão relacionados a anos em que ocorreram deficiências hídricas durante os meses de desenvolvimento da cultura e que, em anos considerados muito secos os rendimentos médios estiveram abaixo de uma tonelada por hectare (BERLATO, 1992). O trabalho teve por finalidade estimar a probabilidade da precipitação atender a necessidade de água da cultura da soja, para diferentes épocas de semeadura e estádios de desenvolvimento. Esta simulação é importante para dar subsídios para o agricultor decidir, fundamentado em resultados obtidos com base na estatística climatológica, a melhor época de semeadura. Deste modo é possível dimensionar a extensão da área da cultura, conhecendo com antecedência os riscos da precipitação não atender a necessidade de água da cultura para a região de Ilha Solteira-SP.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados os valores diários de precipitação e evaporação do tanque classe “A” da estação meteorológica pertencente à Companhia Energética do Estado de São Paulo-CESP e Unesp, localizadas na região de Ilha Solteira-SP (20° 21' S, 51° 22' W e altitude 326 m), no período de 1978 a 2005. Para o estudo proposto os valores diários de precipitação e evaporação foram agrupados em quinquídios. Os meses considerados foram outubro, novembro, e primeira quinzena de dezembro. De acordo com ASSIS et al. (1996), a distribuição gama de probabilidade é a mais utilizada para o ajuste de totais de altura de precipitação de períodos mensais ou menores. Sua função densidade de probabilidade tem a seguinte forma:

$$f(X) = \frac{1}{\Gamma(\gamma) \beta^\gamma} X^{\gamma-1} e^{-X/\beta} \quad (1)$$

com $\beta, \gamma > 0$ e $0 < X < \infty$, onde $\Gamma(\gamma)$ é a função gama do parâmetro γ . Os parâmetros γ e β foram estimados por meio do método da máxima verossimilhança, utilizando as seguintes equações:

$$\beta = X/\gamma \quad (2)$$

$$\gamma = \{1 + [1 + (4 * A / 3)]^{1/2}\} / 4 * A \quad (3)$$

$$A = \ln(X) - 1/n \sum \ln(Xk) \quad (4)$$

Em que X é o valor médio da precipitação no período; Xk é a precipitação acumulada no período. As equações (2), (3), (4) e a função gama do parâmetro γ $\{\Gamma(\gamma)\}$ foram calculadas para os dados diários de precipitação agrupados em quinquídios. A função cumulativa de probabilidade da distribuição é dada pela equação:

$$F(X) = \frac{1}{\Gamma(\gamma) \beta^\gamma} \int_0^X X^{\gamma-1} e^{-X/\beta} dX \quad (5)$$

A equação (5) não apresenta solução imediata, sendo necessário utilizar expansão em série (ASSIS et al., 1996):

$$F(t) = (t^\gamma / \gamma * \Gamma(\gamma) * e^\gamma) * \{1 + [t^{1/(\gamma+1)}] + [t^{2/(\gamma+1)} * (\gamma+2)] + [t^3(\gamma+1) * (\gamma+2) * (\gamma+3)] + \dots\} \quad (6)$$

Em que $t = X/\beta$.

A equação (6) é a probabilidade de ocorrer um valor $X \leq t$ é $F(t)$. Para a resolução da equação (6) o número de termos adotados foi 13.

A evapotranspiração de referência (ET_o), foi calculada pela expressão:

$$ET_o = K_p * ECA$$

Sendo K_p o coeficiente do tanque e ECA a evaporação do Tanque Classe A, a evapotranspiração da cultura foi calculada pela expressão: $ET_c = K_c * ET_o$, em que ET_c é a evapotranspiração da cultura; k_c é o coeficiente de cultura e ET_o é a evapotranspiração de

referência (PEREIRA et al., 1997). Para fins de simulação de semeadura o período da emergência até a colheita foi dividido em três estádios fenológicos. Estádios VE a Vn, 55 DAE (correspondente ao período da emergência ao enésimo nó), Estádios R1 a R6, 55-90 DAE (correspondente ao período do início do florescimento até o pleno enchimento das vagens) e Estádios R7 a R8, 90-120 DAE (correspondente ao período do início da maturação até a maturação plena), adaptado de FEHR e CAVINESS (1977). Os coeficientes de cultura (Kc) utilizados foram adaptados de DOORENBOS & KASSAM (1979) e ajustados através de regressão linear. O coeficiente do tanque (Kp) utilizado foi o apresentado por DOORENBOS & PRUITT (1977), com valor constante de 0,75. O Kc é função da cultura e do estágio de desenvolvimento e o Kp é função do tamanho e natureza da área tampão, velocidade do vento e umidade relativa do ar. O uso, apenas, do total de chuvas de cada período não foi suficiente na caracterização do mesmo, por esse motivo, foram utilizados os cálculos para probabilidades de atendimento da demanda hídrica da cultura. A probabilidade da precipitação suprir a necessidade hídrica da cultura da soja foi a adotada por CAMARGO et al. (1988) com distribuição gama-reduzida, sendo baseado na possibilidade da precipitação atender a evapotranspiração da cultura. A função de densidade é:

$$f(x) = \frac{e^{-x/y}}{y} \quad (7)$$

Onde X é a demanda hídrica ideal; y é a precipitação do período (mm). A função de distribuição acumulada é:

$$F(x) = -(e^{-x/y} - 1) \quad (8)$$

A probabilidade de atendimento hídrico $p(x)$ para a demanda por período é:

$$p(x) = 1 - F(x) \quad (9)$$

Utilizando as equações (8) e (9), foram obtidas as probabilidades da precipitação suprir a necessidade de água da cultura, para todas as simulações de épocas de semeadura agrupados em quinquídios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Verifica-se que para os agrupamentos em quinquídios, com probabilidade de ocorrência de 75%, a precipitação provável mínima é de 3,0 mm ocorre no primeiro quinquídio de outubro e a máxima, 21,40 mm, no sexto quinquídio de janeiro. O valor da média das probabilidades de ocorrência da precipitação do período é de 8,59 mm. A evapotranspiração da cultura (ETc) dos 15 quinquídios de semeadura apresentaram, para os estádios de desenvolvimento da cultura da soja, respectivamente, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - estádios VE a Vn, 24,04 mm (dp=1,88 mm) com semeadura no primeiro quinquídio de outubro e 9,89 mm (dp=0,74 mm) com semeadura no terceiro quinquídio de dezembro; estádios R1 a R6, 32,24 mm (dp=2,09 mm) com semeadura no quarto quinquídio de outubro e 19,11 mm (dp=1,36 mm) com semeadura no quarto quinquídio de novembro; estádios R7 a R8, 24,47 mm (dp=1,61 mm) com semeadura no sexto quinquídio de outubro e 10,57 mm (dp=0,77 mm) com semeadura no quarto quinquídio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de evapotranspiração da cultura ocorrem durante o mês de outubro para todos os estádios de desenvolvimento. Outro detalhe importante é que os maiores valores de evapotranspiração tanto máximos como mínimos ocorrem entre os estádios R1 a R6 da cultura. O valor do cálculo da média das evapotranspirações considerando todos os períodos de semeadura para os estádios VE a Vn é de 17,31 mm, estádios R1 a R6 é de 24,36 mm e estádios R7 a R8 é de 15,76 mm. Com a análise individual da época de semeadura, verifica-se que quando a semeadura é tardia a evapotranspiração da cultura é menor em relação a semeaduras antecipadas, e que a evapotranspiração média da cultura nos estádios R1 a R6 é maior que a evapotranspiração média

da cultura durante todo seu ciclo, para todos os períodos de simulação de semeadura. Observa-se com esses resultados que a maior exigência hídrica da cultura da soja encontra-se entre os estádios R1 a R6, período em que deve coincidir com o maior atendimento hídrico para que a cultura não seja prejudicada, de maneira a expressar todo o seu potencial de produção. Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que os valores da demanda hídrica estão consistentes, apresentando desvio-padrões que indicam baixa dispersão. As probabilidades de atendimento hídrico dos 15 quinqüídios de semeadura, para precipitação provável de 75%, apresentaram para os diversos estádios de desenvolvimento da cultura, valores máximos e mínimos, entre parênteses, o desvio-padrão (dp), além do período de semeadura em que ocorreram, - estádios VE a Vn, 45,91% (dp=11,66%) com semeadura no terceiro quinqüídio de dezembro e 0,24% (dp=2,19%) com semeadura no primeiro quinqüídio de outubro; estádios R1 a R6, 31,95% (dp=6,53%) com semeadura no terceiro quinqüídio de dezembro e 0,32% (dp=1,76%) com semeadura no segundo quinqüídio de novembro; estádios R7 a R8, 53,21% (dp=9,12%) com semeadura no terceiro quinqüídio de novembro e 1,04% (dp=3,95%) com semeadura no quarto quinqüídio de outubro. Esta análise evidencia que os valores máximos de atendimento hídrico da cultura ocorrem entre meados do mês de novembro e meados do mês de dezembro para todos os estádios de desenvolvimento; os valores mínimos de atendimento acontecem durante o mês de outubro e início do mês de novembro. Outro apontamento importante é que os menores valores de atendimento hídrico ocorrem entre os estádios R1 a R6 da cultura. O valor do cálculo da média das probabilidades de atendimento hídrico considerando todos os períodos de semeadura para os estádios VE a Vn é de 14,64%, estádios R1 a R6 é de 9,53% e estádios R7a R8 é de 19,34%. Com a análise individual de cada época de semeadura, verifica-se que do primeiro quinqüídio de outubro até o sexto quinqüídio de novembro ocorre aumento médio da probabilidade de atendimento hídrico à medida que a semeadura é mais tardia, com estabilização do valor do atendimento após esta data, consideração válida para o ciclo total da cultura. Dentro dessas condições é possível avaliar que a partir do terceiro quinqüídio de novembro ocorrem as maiores probabilidades de atendimento hídrico para a cultura da soja com valores ao redor de 16,87%. No entanto, quando essa análise individual leva em conta apenas os estádios R1 a R6, os mais exigentes em água pela cultura, nota-se baixos valores de atendimento hídrico, sendo os maiores ocorridos nas simulações de semeadura do primeiro ao terceiro e o sexto quinqüídio de novembro, além do primeiro e terceiro quinqüídio de dezembro. Observa-se com esses resultados que as melhores épocas de semeadura para a cultura da soja na região de Ilha Solteira-SP, ocorrem no mês de novembro com exceção do quarto e quinto quinqüídios. No primeiro e terceiro quinqüídio de dezembro também existem boas condições, no entanto, para semeaduras nesse período deve-se conhecer o cultivar a ser implantado, para que tenha período juvenil longo e não sofra com a influência do fotoperíodo. Com a possibilidade de semeadura entre o primeiro quinqüídio de outubro e o terceiro quinqüídio de dezembro, verifica-se que as probabilidades médias de atendimento hídrico são baixas, sendo necessário o uso de irrigação. Para essa recomendação é necessário verificar a viabilidade econômica dessa prática.

CONCLUSÕES: A probabilidade de atendimento hídrico para a cultura da soja na região de Ilha Solteira-SP, apresentou-se baixa indicando necessidade de irrigação suplementar para todas as fases de desenvolvimento, nas diferentes épocas de semeadura. Para semeadura sem uso de irrigação as melhores épocas de semeadura identificadas para a cultura da soja ocorreram no mês de novembro com valores de atendimento entre os estádios R1 a R6 em torno de 10,5%, com exceção do quarto e quinto quinqüídios desse mês onde o atendimento é menor. No primeiro e terceiro quinqüídio de dezembro também existem boas condições, no

entanto, para semeaduras nesse período deve-se conhecer o cultivar a ser implantado, para que tenha período juvenil longo e não sofra com a influência do fotoperíodo.

AGRADECIMENTOS: Os autores manifestam agradecimento à Companhia Energética do Estado de São Paulo pelo fornecimento dos dados meteorológicos. Projeto financiado pelo CNPq.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, F.N.de; ARRUDA, H.V. de; PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia**: teoria e prática. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161p.
- BERLATO, M. A. As Condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS. p. 11-24. 1992.
- CAMARGO, M.B.P.; ARRUDA, H.V.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R. **Probabilidades de atendimento da demanda hídrica da cultura do trigo pela precipitação pluvial no Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1988. 26p. (Boletim técnico, 120).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield responsive to water**. Roma: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water**. 2.ed. Roma: FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 1977. 194p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. AMES: Iowa State University – Cooperative Extension Service, 1977. 12 p. (Special Report, 80).
- MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Como se beneficiar? In: Encontro de plantio direto no cerrado, 7, 2003, Sorriso. **Anais...** Sorriso: Ed. UFMT, p. 25-29, 2003.
- PEREIRA, A.R.; NOVA, N.A.V.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.