

## **SIMULAÇÃO PARA DETERMINAÇÃO DAS ÉPOCAS DE SEMEADURA COM MENOR RISCO DE ESTRESSE HÍDRICO PARA O FEIJÃO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Joel Cordeiro da Silva, Arno Bernardo Heldwein, Fabrina Bolzan Martins, Guilherme Fabiano Maass**

*Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, joelcordeiro@mail.ufsm.br*

### **1 RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi determinar as épocas de semeadura com menor risco de ocorrência de estresse hídrico para a produção de feijão na região Central do Rio Grande do Sul. As deficiências e os excessos de água no solo foram determinados pelo cálculo do balanço hídrico diário do solo, simulando-se o desenvolvimento do feijoeiro em 29 épocas de semeadura, para cada ano dos dados coletados na Estação Climatológica principal de Santa Maria (lat: 29° 43' 23''S, long: 53° 43' 15''W e alt: 95m), desde agosto de 1968 até julho de 2004. Considerando-se que há maior risco de redução de rendimento, quando ocorre deficiência hídrica nos primeiros 20 dias da floração e quando ocorre excesso hídrico entre a semeadura e a emergência e entre 20 dias após o início da floração e a maturação fisiológica, constatou-se que as melhores épocas para a semeadura do feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul são os períodos de 20/set e 01/out e entre 05 e 15 de fevereiro.

**UNITERMOS:** balanço hídrico, *Phaseolus vulgaris*, função de distribuição de probabilidade, risco climático.

**SILVA, J. C. da; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; MAASS, G. F.  
SIMULATION TO DETERMINE SOWING SEASONS WITH SMALLEST RISK  
OF WATER STRESS FOR BEAN CROP IN THE CENTRAL REGION OF RIO  
GRANDE DO SUL STATE, BRAZIL**

### **2 ABSTRACT**

The objective of this study was determine the sowing seasons with smallest risk of water stress for the bean production in the Central area of Rio Grande do Sul (RS) state, Brazil. The water balance of the soil was calculated to determine the deficiencies and surpluses of soil water for 29 growing seasons. Data were collected in a climatological station in Santa Maria, RS (lat: 29° 43' 23''S, long: 53° 43' 15''W and alt: 95m) from August of 1968 to July of 2004. Considering that the greatest risk of damage is when water deficiency takes place during the periods from sowing to germination and from the beginning of flowering to 20 days after and when water surplus takes place during the first 20 days of flowering, the results allowed to conclude that the recommended growing seasons are 20/Set to 01/Out and 05/Fev to 15/Fev.

**KEYWORDS:** water balance, *Phaseolus vulgaris*, probability distribution function, climatic risk.

### 3 INTRODUÇÃO

O cultivo do feijoeiro está difundido em todo o território brasileiro. Essa leguminosa é muito consumida no país por tratar-se de fonte acessível de proteína e em combinação com o arroz, fonte de amido, é possível constituir um equilíbrio na dieta. Geralmente, o feijoeiro é cultivado em pequenas propriedades, em áreas entre 1 e 50 ha, porém, há crescente interesse para produção em áreas irrigadas e de maior extensão (Embrapa, 2003).

A cultura do feijoeiro tem grande importância econômica e social. Grande parte da área cultivada de feijão localiza-se nas pequenas propriedades onde, na maioria dos casos, é utilizado como cultura de subsistência, cultivado com nível baixo de tecnologia e com baixo rendimento de grãos. Essa é uma das causas da produtividade média nacional ser baixa, com cerca de 690 kg ha<sup>-1</sup>. No Estado do Rio Grande do Sul ela é de 869 kg ha<sup>-1</sup> (Rubin, 2003).

Apesar de sua importância, a produção de feijão é variável entre os anos, o que provoca perturbações e instabilidade no seu cenário comercial (Dourado Neto & Fancelli, 2000). A variação anual da produção, na maioria dos casos, é devida ao desconhecimento ou desatenção em relação às condições meteorológicas predominantes nos locais de produção e ao longo do período produtivo.

No Rio Grande do Sul, o feijoeiro é cultivado em duas épocas distintas: safra e safrinha. O período da safra compreende as semeaduras realizadas nos meses de agosto a outubro e a safrinha compreende as dos meses de janeiro e fevereiro. Os períodos diferem principalmente quanto à temperatura do ar, devido à disponibilidade de radiação solar. Na safra, a temperatura do ar é menor no início (agosto) e maior no final do período recomendado para a semeadura (outubro), enquanto que no período de safrinha a temperatura é alta no início com diminuição ao longo do ciclo. Essas diferenças se refletem principalmente na evapotranspiração do cultivo. Conforme Moreno (1961), a precipitação pluviométrica praticamente não difere nos dois períodos, sendo a disponibilidade hídrica uma função das condições de evapotranspiração e da alta variabilidade (interanual e espacial) de ocorrência das precipitações na região central do Rio Grande do Sul (Buriol et al., 1980).

Para conhecer a variação da disponibilidade hídrica e as probabilidades de ocorrência de diferentes níveis de deficiências e excessos hídricos, é necessário realizar um balanço hídrico seqüencial diário de uma série longa de observações meteorológicas associada aos diferentes subperíodos de desenvolvimento das plantas de feijão nas diferentes épocas de semeadura. A ocorrência de disponibilidade hídrica adequada à demanda da cultura num determinado subperíodo de desenvolvimento, muitas vezes não se traduz em alto rendimento, pois podem ocorrer níveis críticos de deficiências e excessos hídricos em outros subperíodos do ciclo, devido a grande variabilidade espacial e temporal que a precipitação apresenta.

Reichardt (1978) considera o feijoeiro uma cultura muito sensível ao déficit hídrico, mesmo quando esta sofre curtos períodos de restrição hídrica. A maior sensibilidade do feijoeiro a períodos de seca, segundo Guimarães (1988), é decorrente do seu sistema radicular raso e menos denso do que as demais culturas de verão. Por este motivo a cultura também é afetada pelo excesso de água (Vieira, 1978).

Segundo alguns autores, entre eles Dubertz & Mahalle (1969); Hostalácio & Válio (1984), o estágio de emissão de botões florais é um dos mais críticos à deficiência hídrica, sendo que nos sete dias anteriores a este estágio o feijoeiro é mais sensível ao estresse hídrico,

causando queda na produção de grãos, pelas reduções acentuadas na área foliar e no número de flores emitidas e polinizadas.

O feijoeiro também apresenta relativa sensibilidade ao excesso de água. Chuvas frequentes e/ou intensas ou irrigações excessivas prejudicam seu metabolismo restringindo seu potencial de produção. Segundo Vieira (1978), o feijoeiro não suporta acúmulo de água no solo mesmo por curtos períodos de tempo. O excesso hídrico é extremamente prejudicial à emergência e na preservação dos grãos após a maturação fisiológica.

Com este trabalho objetivou-se determinar as épocas de semeadura com menor risco de ocorrência de estresse hídrico para a produção de feijão na região Central do Rio Grande do Sul.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados para o cálculo da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) e para o cálculo do Balanço Hídrico Sequencial foram coletados diariamente na Estação Climatológica principal de Santa Maria, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29° 43' 23''S, longitude: 53° 43' 15''W e altitude: 95m), desde agosto de 1968 até julho de 2004. As variáveis necessárias foram processadas e calculadas conforme Silva (2005).

Para o cálculo do balanço hídrico (BH) diário foi utilizada a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955), descrita por Pereira et al. (1997), com adaptações em função do uso da fração de água disponível. Para os cálculos procedeu-se de forma seriada com os dados diários da ET<sub>m</sub>, precipitação ocorrida entre as 21 horas do dia anterior (n-1) e 21 horas do dia (n), capacidade de armazenamento de água (CAD(n)) no dia (n) e a fração de água disponível. A metodologia empregada e o roteiro de cálculo foram similares aos utilizados por Nied (2005), com alterações relacionadas ao cálculo do BH para a cultura do feijoeiro ao invés do milho, segundo Silva (2005).

A simulação de desenvolvimento da cultura foi feita considerando-se diferentes épocas de semeadura e para cada ano do banco de dados meteorológicos, ou seja, considerando-se que cada data de semeadura repetiu-se em todos os anos do banco de dados. Foram simulados como datas de semeadura o primeiro, o quinto, o décimo, o décimo quinto, o vigésimo e o vigésimo quinto dia de cada mês no período compreendido entre 15/Ago e 15/Nov, para a safra e 10/Jan e final de fevereiro, para a safrinha, períodos de semeadura recomendados para a região central do RS (Maluf et al., 2001).

Para o cálculo da evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>) utilizaram-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e os coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) determinados por Matzenauer et al. (1999). Os valores de K<sub>c</sub> utilizados em cada subperíodo e a duração deste constam na Tabela 1. Entre 10 dias após a emergência (V<sub>0</sub> + 10) até o início da floração (R<sub>6</sub>) o K<sub>c</sub> foi interpolado utilizando-se uma função linear da duração deste subperíodo (Tabela 1).

Os subperíodos considerados foram: da semeadura (S) até 10 dias após a emergência (V<sub>0</sub>+10); de 10 dias após a emergência até o início da floração (R<sub>6</sub>); do início da floração até 20 dias após o início da floração (R<sub>6</sub>+20) e de 20 dias após o início da floração até a maturação fisiológica (R<sub>9</sub>) (Tabela 1).

Para simular o ciclo de desenvolvimento da cultura foram considerados dados médios de sua duração (Tabela 1), exceto para o subperíodo compreendido entre a emergência e o início da floração, o qual foi calculado utilizando-se a soma térmica e o fotoperíodo, conforme função ajustada por Silva (2005):

$$TC_n = -2,92296 \cdot 10^{-5} Tm_n^2 + 0,01873 Tm + 0,02971 fot_n - 0,00138169 Tm_n fot_n - 0,35943$$

Sendo: TCn (dia<sup>-1</sup>) a taxa de desenvolvimento para o dia considerado; Tmn a temperatura média do ar (°C) para o dia n (definida na tabela 1); Fotn o fotoperíodo para o dia n, calculado para cada dia, adicionando-se 40 minutos de duração acumulada dos dois crepúsculos à duração astronômica do dia.

**Tabela 1.** Coeficientes de cultura utilizados para o cálculo da evapotranspiração máxima nos diferentes subperíodos e sua duração.

SUBPERÍODOS	COEFICIENTE DE CULTURA (KC)*	DURAÇÃO (DIAS)	
		Safra	Safrinha
S – (V0+10)	0,4	7	8
(V0 +10) – R6	Kc = 0,2649 + 0,88(DAS · Dur <sup>-1</sup> )	Simulado	Simulado
R6 – (R6+20)	0,84	20	20
(R6+20) – R9	0,84	37	37

DAS - dia após a semeadura e Dur a duração total do ciclo (dias).

\*Conforme Matzenauer *et al.* (1999).

No cálculo da água disponível no solo para a cultura, os valores diários da capacidade de armazenamento de água disponível do solo (CAD) e da fração de água disponível foram variáveis, conforme o aprofundamento radicular. Durante o subperíodo semeadura - emergência foi considerada a CAD até a profundidade de 10 cm; durante o subperíodo início da floração - maturação fisiológica foi considerada a CAD até 40 cm de profundidade e durante o subperíodo emergência - início da floração a CAD foi calculada, simulando-se o aprofundamento progressivo das raízes, conforme equações propostas por Oliveira & Villa Nova (1996). Considerando-se as propriedades físicas do solo, um Alissolo Crômico Argilúvico típico, pertencente à unidade de mapeamento Santa Maria, a CAD obtida para a profundidade de 10 cm foi 21,95mm e para a profundidade de 40 cm foi 87,8 mm. No período que antecedia cada semeadura, foi considerada a CAD até 10 cm de profundidade.

Os dados de deficiência e de excesso hídrico acumulados, para cada época de semeadura (ES), para cada subperíodo e para todos os anos, foram submetidos à análise de distribuição de probabilidade e teste para qualidade de ajustamento para verificar qual a distribuição de frequência que melhor descreve a sua distribuição.

A deficiência hídrica e o excesso hídrico, acumulados em cada subperíodo, em cada ES e cada ano, foram calculados pela soma dos seus valores diários.

Obteve-se, também, a evapotranspiração real e a fração de deficiência relativa ou deficiência hídrica relativa (DHR), calculada através do quociente entre a evapotranspiração real (ETr) e a evapotranspiração máxima de cultura (ETm), conforme a equação:

$$DHR = 1 - (ETr ETm^{-1})$$

A deficiência hídrica relativa representa a quantidade de água que não atendeu a ETm. Portanto, uma deficiência hídrica relativa de 0,2 significa que houve deficiência hídrica de

20%, ou seja, a quantidade de água disponível para a cultura foi suficiente para suprir apenas 80% da demanda de água da cultura no subperíodo.

A deficiência hídrica relativa (DHR) média para cada subperíodo, ES e ano, foi calculada pela média dos seus valores diários.

Para delimitar os períodos de menor risco para a produção de feijão, o subperíodo do início da floração até 20 dias após, foi considerado como o mais crítico à deficiência hídrica e os subperíodos entre a semeadura e a emergência e dos 20 dias após o início da floração até a maturação fisiológica, foram considerados como críticos para o excesso hídrico.

Foram analisadas as funções de distribuições de probabilidade, gama, lognormal e exponencial. Os parâmetros dessas distribuições foram determinados para as variáveis consideradas e para as variáveis transformadas através da raiz quadrada e raiz cúbica. Todas as distribuições foram submetidas aos testes de Anderson-Darling, Cramér-von Mises, Chi-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Como critério inicial selecionaram-se as distribuições em que o valor de probabilidade, para as estatísticas calculadas, de pelo menos um dos testes citados foi maior do que o nível de significância de 10%, descartando-se as demais. Em seguida, as distribuições foram classificadas de acordo com o resultado dos testes do Chi-Quadrado e de Kolmogorov-Smirnov, sendo enumeradas a partir do maior valor de probabilidade para o menor valor. A partir dessas duas classificações, foi criada uma terceira classificação, que considerava a soma das duas classificações, do teste de Chi-Quadrado e de Kolmogorov-Smirnov, a qual também foi enumerada partindo-se da menor para a maior soma, resultando em uma classificação geral de todas as distribuições selecionadas. Apenas a distribuição que obteve a melhor classificação, pela classificação geral, foi selecionada. Quando houve empate pela classificação geral foi selecionada a distribuição que apresentou maior valor de p pelo teste do Chi-Quadrado.

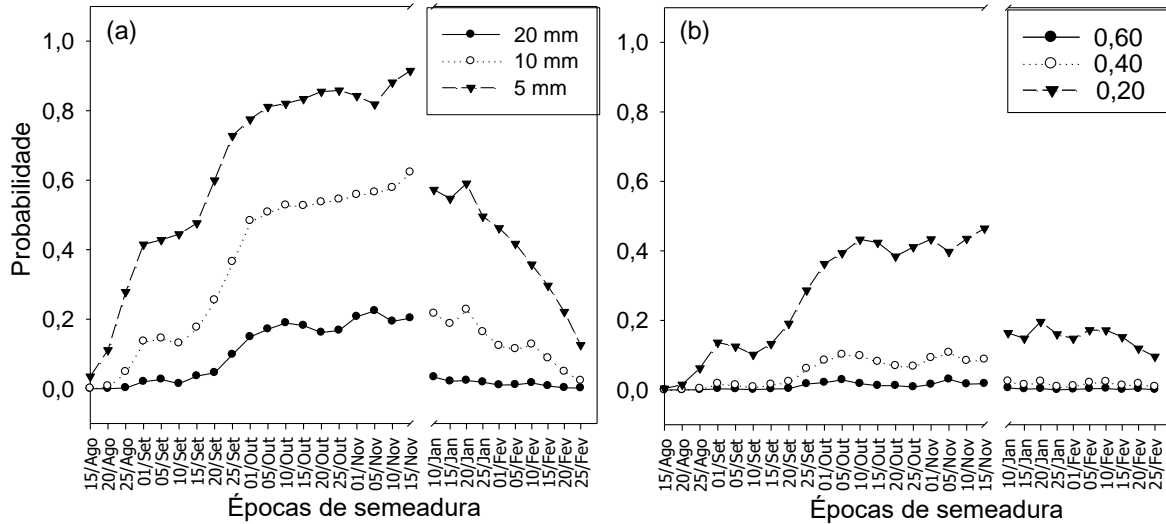
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de distribuição dos dados resultantes do balanço hídrico diário do solo possibilitou verificar que as probabilidades de ocorrência dos diferentes níveis de excesso hídrico, de deficiência hídrica e de deficiência hídrica relativa são variáveis com as épocas de semeadura.

Para todas as épocas de semeadura analisadas foi possível ajustar pelo menos uma função de distribuição de probabilidade (fdp), considerando-se os indicadores de deficiência hídrica analisados. A função gama foi predominante e superior às demais em 24 dos 29 casos analisados, seguidos da função lognormal (3/29) e da função exponencial (2/29) para a DHR e deficiência acumulada (DEF). Provavelmente o predomínio da função gama se deve ao fato de que a distribuição de DHR depende, entre outros fatores, da distribuição da precipitação, a qual segundo Catalunha et al. (2002) segue, predominantemente, a função gama, para totais mensais de precipitação.

Para melhorar as estimativas das fdp foram necessárias transformações dos dados, extraindo-se a raiz quadrada e raiz cúbica dos valores de DHR. A transformação pela raiz quadrada resultou em melhor ajuste dos dados em 14 dos 29 casos, a raiz cúbica em 8 dos 29 casos e não foi necessária nenhuma transformação em 7 dos 29 casos para DHR. Para DEF houve 12 e 10 casos de transformação dos dados utilizando-se a raiz quadrada e cúbica, respectivamente, considerando-se as 29 ES analisadas. A transformação dos dados extraindo-se a raiz quadrada ou cúbica, nesse caso, faz elevar os valores de DHR e os valores baixos de DEF (entre zero e 1), os quais são mais frequentes. Isso provoca um “deslocamento” do

histograma de freqüência para a direita e melhora o ajuste das fdp, especialmente para a função gama. A transformação de DHR pela raiz quadrada e cúbica foi utilizada em todos os casos em que foi ajustada a função gama e na maioria dos casos para DEF (10/12).



**Figura 1.** Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica acumulada (DEF) maior do que 20 mm, 10 mm e 5 mm (a), deficiência hídrica relativa média (DHR) maior que 0,6, 0,40 e 0,20 (b) durante os primeiros 20 dias da floração do ciclo de desenvolvimento do feijoeiro simulado para a região central do Rio Grande do Sul, para cada época de semeadura.

Considerando-se o subperíodo dos primeiros 20 dias da floração, a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica acumulada aumenta com o avanço das ES ao longo de toda a safra (Figura 1a). Na safrinha, a probabilidade de ocorrência de estresse hídrico é bem menor do que em todo o período da safra. O risco de danos por deficiência hídrica na safrinha decresce com a postergação das ES, pois a demanda atmosférica é decrescente no final do verão e início do outono, época do ano que coincide com os subperíodos do final do ciclo do feijoeiro semeado na safrinha.

As probabilidades de ocorrência dos diferentes níveis de deficiência hídrica relativa são variáveis com as épocas de semeadura (ES) e em todas as ES ocorre DHR maior do que 20% (Figura 1b), ou seja, até 80% da demanda atmosférica diária é atendida em condições naturais, indicativo da necessidade de alterações físicas no ambiente agrícola, que visem à economia de água, ou de irrigação, para evitar ou minimizar as perdas de produtividade na lavoura de feijão na região central do RS.

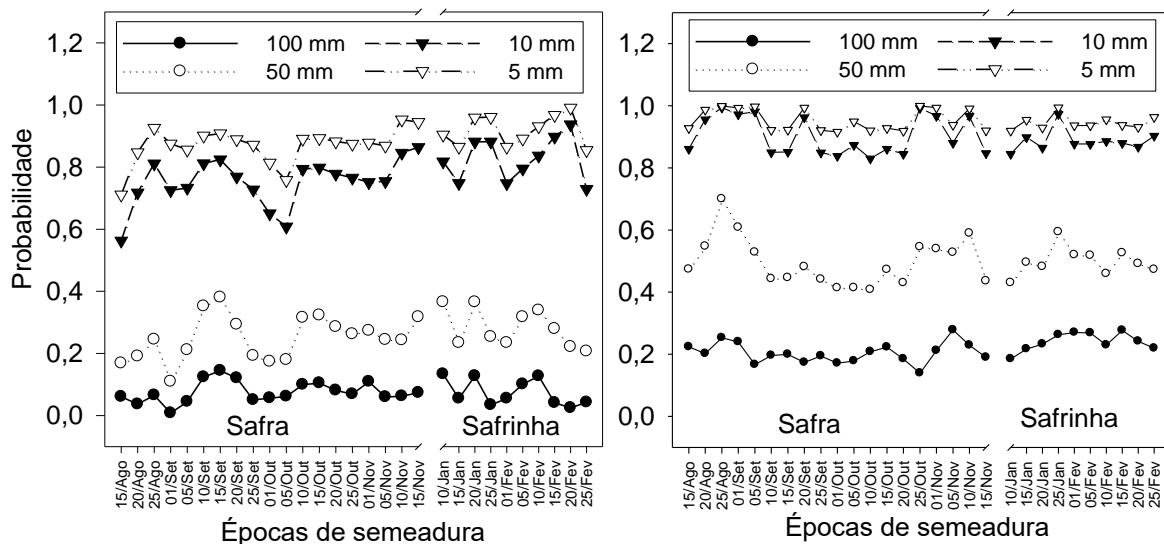
Analisando-se a variação temporal da probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica (Figura 1), pode-se verificar que a partir de época de semeadura de 01/out há maior risco de estresse devido à deficiência hídrica e que há menor risco de deficiência quando a semeadura ocorre antes de 20/set, para a safra, e depois de 01/fev para a safrinha. Esses resultados estão de acordo com os do zoneamento para a cultura do feijão para o Rio Grande do Sul na região central (Maluf et al., 2001), porém são mais detalhados em termos de datas e as deficiências hídricas são menos acentuadas para o solo considerado nesse estudo.

Através da análise de distribuição das freqüências de excesso hídrico diário acumulado, para os dois subperíodos em estudo, também foi possível ajustar funções de distribuição de freqüência. Analisaram-se as fdp gama, normal, log-normal e exponencial, das

quais, gama e exponencial foram as que melhor se ajustaram, para os dois subperíodos analisados. Para cada uma das 29 ES e para cada subperíodo foi escolhida a melhor fdp. A função gama foi predominante (15/29) em relação à função exponencial (14/29) para os dois subperíodos. Conhecendo-se os parâmetros das fdp foi possível calcular a probabilidade de ocorrência do excesso hídrico acumulado ser maior ou menor que determinado valor, para determinado subperíodo e determinada ES.

A predominância das fdp gama e exponencial provavelmente se deve ao fato de ser utilizado um número relativamente pequeno de dados de excesso hídrico acumulado, ou seja, para cada ES o número (N) de ocorrência foi igual ao número de anos (36 anos). Barger & Thom (1949) demonstraram que quanto menor é o número de dados (N) geralmente a distribuição desses segue a função exponencial e à medida que o N aumenta, a distribuição se aproxima da normal. Outra inferência que pode ser feita é que a distribuição de frequência do excesso hídrico tende a ser semelhante à distribuição dos dados de chuva, porém, esta depende da escala utilizada (diária, semanal ou decenal). Catalunha et al. (2002) determinaram as fdp para valores diários do decêndio, diários no mês e totais mensais e mostraram que quando se utilizam totais de precipitação para períodos longos (30 dias) a fdp predominante é a gama.

A probabilidade de ocorrência de excesso hídrico em função das épocas de semeadura (ES) é variável, tanto para o subperíodo semeadura – emergência (S-E), quanto para o subperíodo final do ciclo, a partir dos 20 dias após a floração até a maturação fisiológica (F-MF) (Figura 2). A probabilidade de ocorrência de excesso maior do que 10 mm durante o subperíodo inicial é maior, pois, neste subperíodo a demanda hídrica é menor e foi considerada a profundidade de até 10 cm para o cálculo da capacidade armazenamento de água disponível (CAD = 21,95mm), enquanto que para o subperíodo F-MF a profundidade de solo considerada foi de 40cm (CAD = 87,8mm).



**Figura 2.** Probabilidade de ocorrência de excesso hídrico acumulado maior do que 100 mm, 50 mm, 10 mm e 5 mm, durante os subperíodos de desenvolvimento simulado do feijoeiro, semeadura - emergência (figura à esquerda) e 20 dias após o início da floração - maturação fisiológica (figura à direita), para cada época de semeadura do ciclo de desenvolvimento do feijoeiro, simulado para a região central do Rio Grande do Sul.

Verificou-se que, para um valor maior do que 10 mm de excesso hídrico, a probabilidade é maior do que 60% dos anos em todas as ES, no subperíodo de 20 dias após o início da floração até a maturação fisiológica e na maioria das ES do subperíodo compreendido entre a semeadura e a emergência (Figura 2).

Houve tendência de ocorrência de valores máximos de excesso hídrico após 20/ago e antes de 01/out (Figura 2). Tendência semelhante também foi observada por Nied et al. (2005) para valores de excesso hídrico máximo que ocorreram durante o ciclo do milho simulado para diferentes ES em Santa Maria. Essa tendência, porém, não foi observada para valores médios e mínimos de excesso hídrico por Nied et al. (2005). Pode-se inferir que nesse período, entre o final de setembro e o início de outubro, ocorrem precipitações mais intensas em relação aos meses de agosto, novembro, janeiro e fevereiro e final de outubro. Portanto, há maior risco de prejuízo aos processos de germinação e emergência das plântulas quando a semeadura for realizada nesse período. Esse período coincide com o subperíodo do final do ciclo para semeaduras realizadas entre 20/ago e 20/set e pode ser visualizado comparando-se a variação da probabilidade para S-E, para ES da primeira quinzena de outubro, com a variação para o subperíodo do final do ciclo (Figura 2).

Na definição das melhores épocas para se evitar ou reduzir o estresse por excesso de água há certa dificuldade, pois como observado na Figura 2, os períodos em que há redução na probabilidade, são períodos de poucos dias para os quais, em alguns casos, não haveria tempo suficiente para realizar a semeadura de toda a área. Além disso, a probabilidade de ocorrência de excesso hídrico durante os subperíodos analisados (Figura 2) é bastante variável.

Considerando-se que o excesso hídrico durante a semeadura até a emergência poderá dificultar os processos de germinação/emergência, pode-se destacar como de menor risco para a semeadura, na safra, o período de 20 de setembro até 05 de outubro, período no qual a probabilidade de ocorrência de excesso hídrico é decrescente, e de 01 de fevereiro até 15 de fevereiro, para a safrinha, enfatizando-se que nesse período o risco é crescente.

As ES de menor risco de excesso hídrico para a colheita são de 20 de setembro até 10 de outubro para a safra e de 15 de janeiro até 20 de janeiro ou de 05 de fevereiro até o final da safrinha, para a safrinha (Figura 2).

## 6 CONCLUSÕES

As épocas de semeadura com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica abrangem o período de 15 de agosto até 15 de setembro, para a safra, podendo se estender até 01 de outubro, e depois de 01 de fevereiro para a safrinha.

Considerando-se o risco de ocorrência de excesso de água durante o período semeadura – emergência, o período de menor risco é de 20 de setembro até 05 de outubro, para a safra e de 01 de fevereiro até 15 de fevereiro, para a safrinha.

Os períodos de 20 de setembro até 10 de outubro, para a safra, e de 05 de fevereiro até o final da safrinha, são os mais indicados para evitar-se excesso de água durante a colheita do feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul.

As épocas de semeadura com menor risco para o estresse hídrico, considerando-se o estresse hídrico, deficiência e excesso, estão entre 20 de setembro e 01 de outubro e entre 05 e 15 de fevereiro.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARGER, G.L.; THOM, H.C.S. Evaluation of Drought Hazard. **Agronomy Journal**, Madison, v.41, n.11, p. 519-526, 1949.
- BURIOL, G.A. et al. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrer no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**. Santa Maria, v. 10, p. 1-141, 1980.
- CATALUNHA, M.J. et al. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 385p.
- DUBERTZ, S.; MAHALE, R.S. Effect of soil water stress on bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at three stages of growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.94, p. 479-481, 1969.
- EMBRAPA. **Feijão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 203p.
- GUIMARÃES, C.M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M.J.O. (Ed.) **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para a pesquisa do Potássio e do Fosfato, 1988, p. 157-174.
- HOSTALÁCIO, S.; VÁLIO, I.F.M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.211-218, 1984.
- MALUF, J.R.T. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.468-476, 2001. Número Especial.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.J.; BUENO, A.C. Relações entre a evapotranspiração máxima do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.173-178, 1999.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46p.
- NIED, A.H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, 2005. No prelo.
- OLIVEIRA, D. de, VILLA NOVA, N.A. Evapotranspiração máxima e lâminas de irrigação necessárias para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.29-36, 1996.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 119p.

RUBIN, R.B. **Produtividade do feijoeiro irrigado influenciada pelo armazenamento de água no solo e métodos de preparo do solo**. 2003. 82f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SILVA, J.C. da. **Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul**. 2005. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

THORTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

VIEIRA, C. **Cultura do feijão**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1978. 146p.