

# FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE PARA A DEFICIÊNCIA HÍDRICA MENSAL

JOEL C. da SILVA<sup>1</sup>, ARNO B. HELDWEIN<sup>2</sup>, FABRINA B. MARTINS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engº Agrônomo, aluno do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Depto de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria – RS(0XX55) 3220.8179, e-mail: joelcordeiro@mail.ufsm.br

<sup>2</sup> . Engº Agrônomo, professor Dr., Depto de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria – RS

<sup>3</sup> Engª Florestal, aluna do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Depto de Fitotecnia, UFSM, Santa Maria – RS.

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

**Resumo** – A determinação detalhada das probabilidades de ocorrência de certos níveis de deficiência hídrica (DH) é fundamental para o planejamento agropecuário e a gestão ambiental na administração pública e privada, o que ainda não foi realizado para a região central do Rio Grande do Sul com base no balanço hídrico diário do solo. Objetivou-se determinar as funções de distribuição de probabilidades (fdp) que melhor caracterizam a distribuição dos valores mensais de deficiência hídrica no solo. As DHs foram determinadas pelo Balanço Hídrico diário do Solo para as diferentes capacidades de armazenamento de água disponível dos solos da região. Verificou-se que os valores mensais de DH do solo se ajustam às funções de distribuição log-normal, gama e exponencial, sendo o melhor ajuste à fdp log-normal na maioria dos casos e à fdp gama nos meses com menor DH.

**Palavras chave:** Balanço hídrico, deficiência hídrica, evapotranspiração.

## PROBABILITY DISTRIBUTION FUNCTIONS TO MONTHLY WATER DEFICIENCY

**Abstract** - Detailed determination of the probabilities of occurrence of certain levels of water deficiency (DH) is fundamental for the agricultural planning and the environmental administration in the public and private administration, what was not still determined for the central area of Rio Grande do Sul based on daily water balance of soil. The objective of this work was to determine the probability distribution functions (fdp) that best characterizes the distribution of the frequency of the values of water deficiency in the soil. DHs was determined by soil water balance for different capacities of available water of the soils of the region. To the values of total DH and maxima of each period were adjusted distribution functions. It was verified that the monthly values of DH of the soil are adjusted to the log-normal functions, gamma and exponential, being the best adjustment the fdp log-normal in the most cases and the function gamma in the months of smaller DH.

**Key words:** water balance, water deficiency, evapotranspiration.

**INTRODUÇÃO:** As atividades da agricultura econômica e ecologicamente sustentável, no âmbito da competição de mercado imposta pela globalização, precisam ser conduzidas com técnicas precisas, embasadas num sistema de informações dinâmico, por vezes complexo, para que cada tomada de decisão seja a que resulte em menor risco de dano ambiental e econômico, tanto a curto, quanto a médio e longo prazo (CARDOSO, 2005). Uma das informações de máxima importância é a disponibilidade hídrica no solo e a estatística de probabilidade de ocorrência de diferentes níveis de deficiência e excesso hídrico, utilizada na análise de riscos, no zoneamento agrícola e no planejamento de grande parte das atividades e procedimentos dos empreendimentos agropecuários. Sendo a disponibilidade hídrica um dos fatores mais importantes da produtividade biológica de um ecossistema natural ou de um cultivo agrícola, a quantificação da sua variabilidade e da probabilidade de

ocorrência de determinados níveis críticos é fundamental para o planejamento estratégico. Essas análises só podem ser feitas com a realização do balanço hídrico específico para cada solo, aplicado de forma sequencial em séries históricas longas de observações meteorológicas. Para realizar esses estudos é imprescindível a adoção de uma escala temporal adequada, a escolha do melhor método para a estimativa da evapotranspiração e a identificação de qual(is) funções de distribuição de probabilidades melhor descrevem a variação espacial e temporal da deficiência hídrica no solo. Há poucos trabalhos que discutem ou abordam a utilização das funções de distribuição de probabilidade para determinar a ocorrência de deficiência hídrica no solo. Porém, considerando-se que esta variável é uma função das características do solo, da precipitação e da demanda hídrica da atmosfera, supõe-se que a distribuição dos valores de deficiência hídrica do solo tende a ser semelhante à distribuição da precipitação. O objetivo deste trabalho foi determinar as fdp que melhor caracterizam a distribuição da frequência dos valores mensais de deficiência hídrica no solo para diferentes capacidades de armazenamento de água disponível (CAD).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido para a região central do Rio Grande do Sul (RS), na área de abrangência da Estação Meteorológica Principal de Santa Maria. A área estudada localiza-se entre as coordenadas de 29°23'15'' e 30°22'17'' S e 54°32'07'' e 53°05'20'' W, abrangendo uma área de 664052 ha. Para considerar a maioria dos solos compreendidos na região de estudos foram utilizados os valores de CAD de 40, 60, 95, 104, 120, 135 e 215 mm, calculados até a profundidade de ocorrência significativa de raízes da vegetação nativa, para todos os tipos de solo da região de estudo (CARDOSO, 2005; HELDWEIN et al., 2006). O balanço hídrico (BH) do solo foi calculado utilizando-se a evapotranspiração diária calculada pelo método de Penman-Monteith ou Penman modificado (NIED, 2003) e os valores diários da precipitação medida entre as 21h do dia anterior e às 21h do dia, para cada tipo de solo (NIED et al., 2005). Os valores diários de deficiência hídrica diária foram somados, obtendo-se o valor da deficiência hídrica total acumulada em cada mês. Também foram obtidas as deficiências máximas acumuladas por mês, sendo que nesse caso a deficiência máxima acumulada foi obtida pela soma dos valores diários de deficiência a partir do início da ocorrência do período de deficiência, mesmo que este iniciasse em qualquer data anterior ao mês considerado. Os valores de deficiência hídrica máxima (DHM) e de deficiência hídrica total (DHT), obtidos para cada mês e para cada valor de CAD, foram submetidos à análise de distribuição de probabilidade e teste para qualidade de ajustamento das funções, para verificar qual a distribuição de frequência que melhor relaciona a variação da probabilidade com o nível ou intensidade de ocorrência de deficiência hídrica em cada período considerado. Também foram testadas transformações (raiz quadrada e raiz cúbica) nos dados de deficiência, para verificar a hipótese de melhoria na qualidade do ajustamento das funções à distribuição dos dados. Foram testados os ajustes das funções de distribuições de probabilidade (fdp), exponencial, gama, log-normal, e Weibull conforme preconizam CAMPOS (1979), ASSIS et al. (1996) e CATALUNHA et al. (2002). Após o ajuste, todas as fdp foram selecionadas através dos testes de Chi-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1979; ASSIS et al., 1996). 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%. As demais foram descartadas.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Através do ajuste de distribuição foi possível obter significância no ajuste de pelo menos uma fdp para cada CAD e para cada mês. Para a deficiência hídrica total (DHT) foi possível ajustar 557 das 1008 fdp testadas. A função log-normal foi predominante, seguida das funções gama, Weibull e exponencial em aproximadamente 42, 26, 25 e 7% dos casos em que foi possível o ajuste de alguma fdp. As transformações dos dados resultaram em melhor ajuste das fdp, na maioria dos casos, exceto para a fdp exponencial, para a qual as transformações de raiz quadrada e raiz cúbica não melhoraram o ajuste (Tabela 1). Para a deficiência hídrica máxima (DHM) houve ajuste em 631 dos 1008 casos estudados. As fdp log-normal, gama, Weibull e exponencial predominaram em aproximadamente 37, 27, 23 e 12% dos casos. Considerando-se a transformação dos dados, a tendência foi semelhante à observada para os dados de deficiência hídrica total em que a transformação dos dados resultou em melhor ajuste dos dados para todas as funções, exceto para a

função exponencial (Tabela 1). É possível utilizar-se qualquer uma das fdp estudadas para estimar a probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica no solo, para os solos em estudo e em um determinado mês. Porém, observou-se a predominância de melhor ajuste da função log-normal em todos os meses, tanto para DHT quanto para DHM, com e sem transformação dos dados. Entretanto, nos meses em que a deficiência foi baixa (menor do que 1 mm), houve predominância da função gama com a transformação dos dados. Verificou-se que a distribuição dos dados de deficiência hídrica do solo é semelhante à distribuição dos dados de precipitação pluviométrica conforme descrito por SILVA et al. (2005) e CATALUNHA et al. (2002).

**Tabela 1.** Número de fdp ajustadas aos dados de deficiência hídrica total e máxima para cada variável (VAR) e mês (M). Santa Maria, RS.

M	VAR	DEFICIÊNCIA TOTAL					DEFICIÊNCIA MÁXIMA				
		EXP	GAM	LN	WEI	Total	EXP	GAM	LN	WEI	Total
J	DEF	3	4	7	6	20	7	5	7	6	25
	DEF2	0	7	7	5	19	0	7	7	7	21
	DEF3	0	7	7	6	20	0	7	7	7	21
F	DEF	2	1	4	2	9	0	0	3	1	4
	DEF2	0	2	5	0	7	4	1	1	1	7
	DEF3	0	2	4	1	7	0	0	1	0	1
M	DEF	1	5	6	6	18	7	6	7	6	26
	DEF2	0	4	6	5	15	0	4	7	3	14
	DEF3	0	3	6	4	13	0	7	7	6	20
A	DEF	7	1	7	1	16	7	5	7	6	25
	DEF2	0	3	7	2	12	2	5	7	5	19
	DEF3	0	3	7	1	11	0	4	7	2	13
M	DEF	2	0	5	0	7	2	0	7	1	10
	DEF2	0	2	6	0	8	2	3	7	2	14
	DEF3	0	2	6	0	8	0	4	7	0	11
J	DEF	6	3	7	6	22	7	3	7	3	20
	DEF2	0	7	7	5	19	0	6	7	5	18
	DEF3	0	7	7	7	21	0	7	7	6	20
J	DEF	6	6	7	5	24	7	0	7	0	14
	DEF2	0	7	7	6	20	0	7	7	3	17
	DEF3	0	6	7	4	17	0	7	7	5	19
A	DEF	1	3	7	5	16	6	7	7	7	27
	DEF2	0	7	7	6	20	0	7	7	5	19
	DEF3	0	7	7	7	21	0	7	7	7	21
S	DEF	1	2	7	5	15	7	5	7	5	24
	DEF2	0	3	7	3	13	0	7	7	7	21
	DEF3	0	6	7	3	16	0	7	7	7	21
O	DEF	0	0	7	4	11	7	2	7	4	20
	DEF2	0	3	7	5	15	0	7	7	5	19
	DEF3	0	3	7	5	15	0	7	7	4	18
N	DEF	7	7	7	7	28	7	7	7	7	28
	DEF2	0	6	5	6	17	2	7	7	7	23
	DEF3	0	6	6	6	18	0	7	7	6	20
D	DEF	1	1	7	2	11	4	0	7	0	11
	DEF2	0	5	7	3	15	0	0	7	0	7
	DEF3	0	4	7	2	13	0	5	7	1	13
Total		37	145	234	141	557	78	170	236	147	631

EXP= exponencial; GAM= gama; LN= log-normal; WEI= Weibull; DEF= deficiência hídrica; DEF2= raiz quadrada da deficiência hídrica; DEF3= raiz cúbica da deficiência hídrica.

**CONCLUSÕES:** A função densidade de probabilidade (fdp) log-normal é a mais adequada para determinar a probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica em praticamente todos os meses do ano e para as diferentes capacidades de armazenamento de água dos solos da região central do Rio Grande do Sul considerados. A fdp gama pode ser utilizada para os meses e solos em que a deficiência hídrica do solo é baixa com a transformação de raiz quadrada e raiz cúbica dos seus valores.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatísticas à climatologia:** Teoria e Prática. Pelotas. Ed. Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996, 161p.
- CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica.** Piracicaba. ESALQ, 1979, 343p.
- CARDOSO, C.D.V. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos solos da região Central do Estado do Rio Grande do Sul.** 162f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- CATALUNHA, M.J.; SEDIYAMA, G.C.; LEAL, B.G.; SOARES, C.P.B.; RIBEIRO, A. 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.
- HELDWEIN, A.B. et. al. Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica no centro do Rio Grande do Sul em função do método de cálculo da evapotranspiração e da escala de tempo do balanço hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 2005. (no prelo)
- NIED, A. H. **Balanço hídrico diário do solo simulado para diferentes épocas de semeadura do milho em Santa Maria, RS.** 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2003.
- NIED, A.H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 995-1002, 2005.
- SILVA, J.C. da et al. Análise de distribuição de chuva em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2005. (no prelo).