

CHUVA MENSAL PROVÁVEL COM A DISTRIBUIÇÃO GAMA PARA LAGES, SC

CÉLIO O. CARDOSO¹, OLÍVIO J. SOCCOL¹, CARLOS A. P. SAMPAIO²

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Depto. de Agronomia (DEAGRO), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC - Lages SC, Fone: (49) 2101 9201, a2ojs@cav.udesc.br; a2coc@cav.udesc.br; ² Eng. Agrícola, Prof. Dr. Depto. de Engenharia Florestal (DENFLOR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV – UDESC - Lages SC;

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

RESUMO: O objetivo foi determinar a precipitação pluviométrica (chuva) mensal provável para o município de Lages, SC. Analisou-se o ajuste da distribuição de probabilidade gama a uma série de 80 anos de dados de chuva mensal. Para a estimativa dos parâmetros α e β da distribuição gama foi utilizado o método da verossimilhança e, o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a aderência das probabilidades estimadas às frequências observadas. A partir da distribuição gama fez-se a estimativa da chuva mensal para os níveis de probabilidade de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%, correspondentes a ocorrência da precipitação mínima provável $P(X > x)$. Os resultados mostraram que, a chuva mensal, na média dos 12 meses do ano, ocorreu ao nível de probabilidade de 31,93% com coeficiente de variação de 3,63%, o que comprova que seu valor não deve ser adotado como parâmetro em projetos agrícolas. A diferença média encontrada entre a chuva média mensal e a chuva provável aos níveis de 75 e 80%, para os 12 meses do ano, foi de 64,49 mm (51,3%) e 73,03 mm (58,10%), respectivamente.

Palavras-chave: irrigação, precipitação dependente, distribuição gama.

PROBABLE MONTHLY RAIN WITH GAMMA DISTRIBUTION FOR LAGES, SC

ABSTRACT: The aim was determine the probable monthly rainfalls in Lages district, SC. The analysis consisted of adjustment of gamma distribution probability to a series 80 year of data monthly rainfalls. For the estimate of the α and β parameter of the gamma distribution was used the method of the verisimilitude and, Kolmogorov-Smirnov's test to check her adherence of the probabilities estimate and observed. From the gamma distribution, the estimate of monthly rainfalls was done for the probability levels of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 and 95%, corresponding to occurrence of probable minimum precipitation $P(X > x)$. The results showed which, the monthly rainfalls, in the average of the 12 years' months, it occurred to the probability level of 31,93% with variation coefficient of 3,63%, what it proves which your value should not be adopted as parameter in agricultural projects. The average difference found between monthly average rainfalls and the probable rainfalls to levels of 75 and 80%, for the 12 year's months, belonged to 64,49 mm (51,3%) and 73,03 mm (58,10), respectively.

Keywords: irrigação, chuva dependente, distribuição gama.

INTRODUÇÃO: Projetos de irrigação em regiões com caráter complementar às precipitações tem sido elaborados em termos de irrigação total. Essa prática faz com que os

sistemas sejam superdimensionados. A literatura recomenda que nestes casos seja adotado por ocasião do dimensionamento, o critério da precipitação provável, ou seja, aquele valor de precipitação que ocorre a um determinado nível de probabilidade. Assim, faz-se necessário definir para cada região os valores das precipitações prováveis de ocorrerem sob diferentes níveis de probabilidade. Segundo Morais et al. (2001), o estudo da forma de ocorrência da distribuição temporal das precipitações torna-se relevante no planejamento racional de várias atividades agrícolas. Pois conhecendo-se a chuva mínima possível de ocorrer na região, pode-se realizar um planejamento eficiente de irrigações suplementares e a otimização da água disponível. Isso permite que o agricultor tome decisões mais confiáveis. Para Dourado Neto et al. (2005), o estudo das distribuições de variáveis climáticas no tempo determinando seus padrões de ocorrência e permitindo a previsibilidade, é uma ferramenta de grande valor para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e humanas. Existem várias metodologias para estimar a precipitação provável ou dependente. Sediya (1992) propõe como critério para a determinação da precipitação provável ou dependente, para efeito de dimensionamento de projetos de irrigação, aquele dado pelo nível de probabilidade de 75%. Este nível representa a quantidade mínima de precipitação com 75% de probabilidade de ocorrência, ou seja, a precipitação mínima que se espera ocorrer em três de cada quatro anos. Bernardo (2006) recomenda para o dimensionamento de sistemas de irrigação suplementar níveis de 75 ou 80%. A função gama de probabilidade apresenta dois parâmetros, o de forma (α) e o de escala (β) (Miller & Weaver, 1968). Segundo Thom (1958), para valores de (α) maiores ou igual a 100 a distribuição gama se aproxima da distribuição normal. O parâmetro de escala (β) indica o grau de dispersão entre os dados da série estudada. No presente trabalho foi analisado o ajuste da distribuição de probabilidade gama a uma série de precipitações totais mensais de 80 anos de observação para o município de Lages, SC.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados de chuva foram obtidos junto ao Centro de Informação de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM, correspondendo a dados de precipitação coletados na Estação Meteorológica de Lages, SC, situada a 27°49’ de latitude Sul e a 50°20’ de longitude Oeste, a 938 metros de altitude. Segundo classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cfb, mesotermico úmido, constantemente úmido com verão brando. A série analisada compreendeu observações referentes às precipitações pluviométricas mensais, abrangendo o período de 1925 a 2005. Nos meses em que ocorreu precipitação total igual a zero, o valor foi substituído por 0,1 mm (Lyra et al., 2006; Ribeiro & Lunardi, 1997). As análises foram conduzidas no Setor de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Os dados da série foram preliminarmente organizados em ordem crescente, atribuindo-se a cada valor um número de ordem m , de modo a determinar a frequência observada com que determinada magnitude é assumida, utilizando para tal a equação de Kimbal, conforme sugerido por Villela & Mattos (1975).

$$F = \frac{m}{n+1}$$

Em que, F é a frequência com que foi igualado ou inferior um evento de ordem m ; m é o número de ordem da precipitação total mensal, dispostos em ordem crescente ($m = 1, 2, \dots, n$); e n é o número de anos da série analisada. Em seguida ajustou-se a função densidade gama aos dados das séries mensais, utilizando-se o software R (R - Foundation For Statistical Computing, 2006). A estimação dos parâmetros α e β foi efetuada pelo método da verossimilhança, visto que este método apresenta melhores estimativas dos parâmetros das distribuições em comparação com o método dos momentos (Assis, 1996; Back, 2001; Lyra et

al., 2006). Para verificação do ajuste da função à série de dados, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando-se o nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O resultado da análise preliminar efetuada nos dados da série histórica de precipitação total mensal, referentes às estatísticas descritivas é apresentado no Tabela 1. Observa-se que a distribuição da precipitação durante os meses do ano é praticamente uniforme, sem definição clara de período com ou sem chuva, o que é uma característica da região na qual foi realizado o estudo. Pode-se verificar a existência de altos valores de desvio padrão, mostrando que há grande variação nos valores da chuva durante um mesmo mês do ano. Os máximos valores de chuva foram verificados nos meses de janeiro e julho com valores de 446,1 e 396,6 mm, respectivamente. As precipitações mínimas ocorreram nos meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro. As variações encontradas nos valores das precipitações médias mensais mostram que o uso da chuva média no planejamento de atividades agrícolas é inadequado e enfatizam, a importância de estudos probabilísticos, conforme recomendação de Araújo et al. (2001). A Tabela 2 apresenta a estimativa dos parâmetros α e β da distribuição gama. Para todos os meses do ano os valores de α foram inferiores a 10 o que, de acordo com Thom (1958), torna inaceitável o uso do método dos momentos para estimação de α e β . Os valores de α variaram de 1,75 a 4,44, com média igual a 2,82, enquanto os de β variaram de 25,43 a 73,35 com média igual a 47,51. Em todos os meses verificou-se a aderência da distribuição gama aos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. Estes resultados concordam com aqueles encontrados por Frizzone (1979), Ribeiro & Lunardi (1997) e por Catalunha et al. (2002). Na Tabela 3 são apresentados os valores da precipitação pluviométrica mensal, estimadas para os níveis de probabilidade de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95%. Estes níveis representam à ocorrência da precipitação mínima provável $P(X > x)$. Para projetos agrícolas como os de irrigação, por exemplo, os níveis adotados são de 75 ou 80% (Bernardo, 2006; Castro, 1997; Ribeiro & Lunardi, 1997). Pode-se verificar que a chuva provável estimada para o nível de probabilidade de 75% para o mês de Fevereiro é de 68,9 mm, ou seja, espera-se que, em três de cada quatro anos ocorra no mês de Fevereiro precipitação igual ou superior a 68,9 mm. A precipitação pluviométrica média mensal, na média dos meses do ano, ocorreu ao nível de probabilidade de 31,93% com coeficiente de variação de 3,63%. Este fato confirma as citações na literatura, de que o seu valor não deve ser adotado como parâmetro no dimensionamento de sistema de irrigação suplementar, pois, estes valores, fariam com que o sistema fosse subdimensionado. A diferença média encontrada entre a chuva média mensal e a chuva provável aos níveis de 75 e 80% para os 12 meses do ano foi de 64,49 mm (51,3%) e 73,03 mm (58,10%), respectivamente.

Tabela 1. Média mensal, desvio padrão, máximo, mínimo, assimetria e curtose da chuva mensal para o município de Lages, SC no período de 1925 a 2005.

Mês	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Assimetria	Curtose
Janeiro	154,8	74,084	446,1	7,6	1,101	2,118
Fevereiro	141,4	70,703	361,9	0,1	0,873	0,899
Março	112,9	51,831	236,3	25,4	0,525	-0,163
Abril	103,5	59,483	285,6	5,9	0,525	-0,035
Maió	106,7	72,533	356,2	9,1	1,307	2,198
Junho	108,3	58,029	232,4	2,4	0,292	-0,905
Julho	109,5	61,301	396,6	23,4	1,519	4,341
Agosto	122,5	73,212	330,1	1,1	0,756	0,029
Setembro	142,9	74,560	314,9	9,8	0,500	-0,450
Outubro	162,7	81,739	376,1	0,1	0,596	-0,365

Novembro	115,2	68,099	320,2	0,1	1,060	0,729
Dezembro	128,8	68,202	340,5	0,1	0,638	0,478

Tabela 2. Parâmetros α e β da distribuição gama calculados pelo método dos momentos e da verossimilhança para a chuva mensal em Lages, SC.

Mês	α	β
	Verossimilhança	Verossimilhança
Janeiro	4,0186	38,5001
Fevereiro	2,7084	52,2115
Março	4,4403	25,4303
Abril	2,4134	42,8749
Maio	2,0351	52,4059
Junho	2,6661	40,6079
Julho	3,5483	30,8703
Agosto	2,2120	55,3467
Setembro	3,1348	45,5567
Outubro	2,6536	61,2938
Novembro	2,2271	51,6905
Dezembro	1,7548	73,3511

Tabela 3. Chuva mensal $P(X > x)$ em mm provável para o município de Lages, SC, para os diferentes níveis de probabilidade, estimados pela função gama incompleta.

%	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
95	53,0	35,1	41,4	22,8	19,4	26,5	34,3	24,6	40,4	39,6	23,3	19,2
90	67,7	48,4	51,9	32,4	28,8	36,6	44,7	35,7	53,9	54,8	33,7	30,0
80	79,0	59,2	60,1	40,6	36,9	44,9	52,9	45,0	64,8	67,3	42,5	39,6
75	88,9	68,9	67,2	47,6	44,4	52,4	60,1	53,6	74,5	78,5	50,6	48,6
70	98,2	78,2	73,7	54,5	51,7	59,5	66,9	61,9	83,6	89,2	58,4	57,5
60	107,0	87,3	79,9	61,3	58,9	66,5	73,4	70,1	92,3	99,7	66,1	66,4
50	124,3	105,4	92,1	74,9	73,8	80,4	86,2	86,7	109,8	120,6	81,7	84,9
40	142,1	124,4	104,6	89,6	89,8	95,1	99,4	104,6	127,9	142,7	98,4	105,3
30	161,5	145,7	118,1	105,9	107,9	111,5	114,0	124,7	148,1	167,5	117,3	128,6
25	184,1	171,1	133,8	125,6	130,0	131,0	131,1	148,9	171,8	196,9	140,1	157,2
20	197,6	186,3	143,0	137,5	143,4	142,8	141,3	163,7	185,9	214,6	153,8	174,7
15	213,2	204,2	153,8	151,5	159,3	156,6	153,2	181,1	202,6	235,4	170,2	195,7
10	258,2	256,6	184,7	192,7	206,6	197,1	187,5	232,6	250,9	296,5	218,3	258,2
5	299,5	305,7	213,0	231,6	251,6	235,2	219,3	281,4	295,9	353,8	264,0	318,4

CONCLUSÕES: Os resultados obtidos demonstraram que a distribuição gama ajustou-se bem a série de dados de chuva mensal para o município de Lages, SC. A precipitação pluviométrica média mensal, na média dos meses dos anos, ocorreu ao nível de probabilidade de 31,93% com coeficiente de variação de 3,63%. A diferença média encontrada entre a chuva média mensal e a chuva provável aos níveis de 75 e 80% para os 12 meses do ano foi de 64,49 mm (51,3%) e 73,03 mm (58,10%), respectivamente.

LITERATURA CITADA

Araújo, W. F.; Andrade Junior, A. S.; Medeiros, R. D.; Sampaio R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.563-567, 2001.

Assis, F. N.; Arruda, H. V.; Pereira, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: Ed. Universitária, 1996. 161p.

Bernardo, S. Irrigação: total, suplementar, com déficit e de salvação. **Irrigação e Tecnologia Moderna – ITEM**, Brasília, n.71/72, p.64-68, 2006.

Botelho, V. A.; Morais, A. R. Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de dados pluviométricos do Município de Lavras, Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, p.697-706, 1999.

Catalunha, M. J.; Sedyama, G. C.; Leal, B. G.; Soares, C. P. B.; Ribeiro, A. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.153-162, 2002.

Castro, R. **Distribuição probabilística da frequência de precipitação na região de Botucatu, SP**. Botucatu, 1994. 101p. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista.

Dourado Neto, D.; Assis de, J. P.; Timm, L. C.; Manfron, P. A.; Sparovek, G.; Martin, T. N. Ajuste de modelos de distribuição de probabilidade a séries históricas de precipitação pluvial em Piracicaba-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.2, p.273-283, 2005.

Frizzone, J. A. **Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa – MG**. Viçosa, Imprensa Universitária, 1979. 100p. (Tese M.S.).

Miller, M. E.; Weaver, C. R. Monthly and annual precipitation probabilities for climatic divisions in Ohio. **Research bulletin**, n.1005, 1968. 11p.

Morais, A. R.; Botelho, V. A. V. A.; Carvalho, L. G.; Muniz, J. A.; Lage, G. Estimativa da precipitação provável em Lavras, MG, através da distribuição Gama. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.305-310, 2001.

R – *Foundation For Statistical Computing*. <http://www.R-project.org>. R: a language and environment for statistical computing, Vienna. ISBN: 3.900051-07-0. Acesso em: 03 mar. 2007.

Ribeiro, A. M. A.; Lunardi, D. M. C. A precipitação mensal provável para Londrina-PR, através da função Gama. **Energia na agricultura**, Botucatu, v.12, n.4, p37-44, 1997.

Sedyama, G. C. Evapotranspiração: necessidade de água para as plantas cultivadas. Curso de Engenharia e Manejo da Irrigação. Brasília: ABEAS, 1996. 176p.

Thom, H. C. S. A note on the gamma distribution. **Monthly Weaher Review**, Washington, v.86, n.4, p.117-122. 1958.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.