

ISSN 0104-1347

Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição gama¹

Estimative of probable rainfall using gamma distribution in Lavras,
MG, Brazil

Augusto Ramalho de Moraes², Valeria Andrade Villela Amarante Botelho³, Luiz Gonsaga de Carvalho⁴, Joel Augusto Muniz² e Gilberto Lage²

Resumo - O objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação pluviométrica esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Lavras, MG. Os dados foram agrupados em períodos de 6, 12, 18, 24 dias e mensais a partir das precipitações diárias de jan/1966 a dez/1997. Os dados, assim agrupados, foram ajustados a uma distribuição gama e a aderência foi verificada pelo teste qui-quadrado. Os parâmetros da distribuição gama foram estimados pelo método da máxima verossimilhança. Através da distribuição acumulada foram gerados valores de precipitação esperada para os períodos de agrupamento dos dados em cada mês do ano. Os resultados obtidos permitem que se adotem valores criteriosos de precipitação no dimensionamento de sistemas de irrigação suplementar, construção de barragens e outras obras hidráulicas na região de Lavras. O uso da precipitação média para este fim não é recomendado, pois pode resultar em projetos subdimensionados.

Palavras-chave: irrigação, precipitação, distribuição gama.

Abstract - The aim of this work was to determine the expected rainfall using different levels of probability in Lavras, Minas Gerais State, Brazil. This study was conducted for periods of 6, 12, 18, 24 days and monthly, based on daily data of rainfall from 1966 to 1997. Series were adjusted to a gamma distribution and the chi-square test was used to evaluate the suitability of the distribution to the original data. The parameters of gamma distribution were estimated by the method maximum likelihood. Based on the accumulated distribution, values of rainfall were estimated for some periods in each month. Results allow irrigation personal to adopt criterions values for rainfall for designing irrigation projects, construction of dam and others hydraulics works near Lavras-MG. The average rainfall should not be used because it may result in under estimation of the rainfall.

Key words: irrigation, precipitation, gamma distribution.

Introdução

Como atividade produtiva e econômica, a agricultura é a que apresenta maior dependência das condições climáticas da região, as quais são responsáveis pelas alternâncias nas produções anuais das culturas. Entre os elementos climáticos, a precipitação

pluvial é o principal elemento responsável pelas alternâncias no rendimento das culturas. Em geral, os projetos de irrigação são dimensionados para suprir as necessidades hídricas das culturas, sem considerar a contribuição da precipitação pluviométrica. Este procedimento é justificável em regiões áridas e semi-áridas, mas pode ser superdimensionado na re-

¹ Apresentado na 42ª RBRAS e 8º SEAGRO.

² Prof. Dr. Departamento de Ciências Exatas/Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

³ Profa. MSc UNILAVRAS, Centro Universitário de Lavras.

⁴ Prof. MSc Departamento de Engenharia/UFLA.

gião sudeste do Brasil, onde normalmente a irrigação é de caráter complementar. Para BERNARDO (1989) a maioria das irrigações realizadas no Brasil, excetuando-se o nordeste brasileiro, deveriam ser essencialmente suplementares, devido a boa precipitação pluviométrica. Em alguns casos, usa-se no dimensionamento o valor da precipitação média mensal, o que geralmente, acarreta um subdimensionamento dos sistemas (FRIZZONE, 1979), e podendo levar a um fracasso do agricultor.

O estudo da forma de ocorrência da distribuição pluviométrica torna-se relevante no planejamento racional de várias atividades agrícolas, pois conhecendo-se a lâmina mínima a precipitar na região, com certa margem de segurança, pode-se realizar um planejamento eficiente de irrigações suplementares e a otimização da água disponível, permitindo que o agricultor tome decisões mais confiáveis.

Os níveis de probabilidade da precipitação pluvial devem ser adotados com base em critérios econômicos, tais como, o valor da cultura, a disponibilidade de recursos hídricos e o custo da irrigação. DOORENBOS & PRUITT (1977) recomendaram níveis entre 75 e 80%, enquanto MATUTE & HACHEM (1983), MAROUELLI & SEDIYAMA (1987) e BERNARDO (1989) consideraram o nível de 75% de probabilidade como o mais indicado para ser utilizado no dimensionamento de sistemas de irrigação.

Vários trabalhos mostraram que a distribuição de frequência da precipitação pluvial se ajusta à distribuição gama para períodos mensais e decendiais (VIVALDI, 1973; FRIZZONE, 1979; CASTRO NETO & SILVEIRA, 1981; SAAD, 1990; ASSIS, 1993).

O conhecimento da distribuição da precipitação na região de Lavras, Estado de Minas Gerais, conforme realizado por CASTRO NETO & SILVEIRA (1981) para períodos mensais, pode fornecer subsídio para determinar períodos críticos predominantes na região, e reduzir os problemas causados pelas flutuações de chuva, quer pelo emprego de irrigação ou implantação de culturas mais tolerantes ou adaptadas ao regime pluviométrico.

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi estimar a precipitação pluviométrica esperada, em diferentes períodos e níveis de probabilidade, na região de Lavras, MG, visando favorecer seu uso no dimensionamento de projetos de irrigação, construções de barragens e outras obras hidráulicas.

Material e métodos

Os dados utilizados foram fornecidos pela área de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia e oriundos da Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, situada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Estado de Minas Gerais, em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Estação Climatológica de Lavras encontra-se na latitude de 21°14'S, longitude de 45°00'W e altitude de 918,84 metros (BRASIL, 1992). Segundo classificação internacional de Köppen (VIANELLO & ALVES, 1991), o clima da região é do tipo Cwa, subtropical com verão quente e inverno seco, caracterizado por um total de chuvas no mês mais seco de 20,2mm e no mês mais chuvoso de 288,6mm, e precipitação total anual de 1534,3mm. Em BRASIL (1992), encontram-se valores médios mensais no período de 1961 a 1990 de 23,4mm no mês mais seco, 295,8mm no mês mais chuvoso e precipitação total anual de 1529,7 mm.

As observações referem-se às precipitações pluviárias diárias expressas em altura de lâmina d'água (mm), abrangendo um período de 32 anos, de janeiro de 1966 a dezembro de 1997. Os dados foram agrupados em cinco períodos dentro de cada mês; os períodos foram constituídos por agrupamentos dos dados diários, nos seguintes períodos: 1-6, 1-12, 1-18, 1-24 dias e mensais; sendo que 1-6 significa tomar períodos contendo totais de dados de 6 em 6 dias. As séries, assim obtidas, foram ajustadas à distribuição gama e os valores prováveis obtidos através da distribuição mista, sendo que a aderência dos dados foi verificada pelo teste de Qui-quadrado.

Os estimadores dos parâmetros da distribuição gama incompleta utilizados no estudo, foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança (THOM, 1958; ASSIS *et al.*, 1996), e são dados pelas seguintes expressões:

$$\hat{b} = \frac{y_m}{\hat{a}} \quad (1)$$

$$\hat{a} = \frac{1 + (1 + 4A / 3)^{1/2}}{4A} \quad (2)$$

$$A = \ln(y_m) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(y_i) \quad (3)$$

sendo y_m a precipitação média do período, y_i a precipitação acumulada, n o número de dados da série, \ln o operador do logaritmo neperiano. Foram consideradas como nulas as precipitações inferiores a 0,5mm.

A probabilidade de que a ocorrência de um determinado valor de precipitação (Y) seja menor ou igual a y , é expressa por:

$$P(Y \leq y) = F(y) = Q + IG(y'), \text{ com } Q = j/n \quad (4)$$

na qual $F(y)$ é a distribuição acumulada mista, $G(y')$ é a função de distribuição gama acumulada para valores não nulos (y'), j é o número de valores nulos, n o tamanho da série e $I = 1 - Q$. Quando a série não contém valores nulos ($j = Q = 0$, $I = 1$) a probabilidade de ocorrência é estimada através da própria distribuição gama acumulada:

$$F(y) = G(y') = \frac{1}{b^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{y'} y'^{\alpha-1} e^{-y'/b} dy' \quad (5)$$

em que α e β são, respectivamente, os parâmetros de forma e de escala da distribuição gama, Γ é o símbolo da função gama e, $e \cong 2,71828$ a base do logaritmo neperiano. A probabilidade de ocorrer um valor de Y acima de y é $P(Y > y) = 1 - P(Y \leq y)$, e a precipitação provável foi obtida pela função inversa fixando-se os níveis de probabilidade, usando procedimentos do SAS INSTITUTE, INC (1995).

Resultados e discussão

Os dados de precipitação pluvial agrupados nos vários períodos ajustaram-se à distribuição gama incompleta. Resultados semelhantes foram obtidos por VIVALDI (1973), SAAD (1990) e ASSIS (1993).

Na Tabela 1, pode-se verificar que as estimativas do parâmetro de forma α foram menores nos meses mais secos (maio, junho, julho e agosto), e maiores nos meses mais chuvosos; este fato sugere que, maiores valores de α estão associados com maiores precipitações. Logo este parâmetro poderia ser usado como um indicador de precipitação mensal da região, estimativas menores que 1, sugerem precipitações mensais menores que 80-100 mm, valores maiores que 3, precipitações superiores a 100 mm. Para o parâmetro de escala β não se verificou uma tendência definida de seus valores em função dos meses.

É importante salientar que a proporção de meses sem chuva variou ao longo dos meses mais

secos, sendo que julho e agosto apresentaram uma proporção de 0,258, indicando que na série analisada, em 25,8% desses meses não ocorreu nenhuma precipitação, o mesmo aconteceu em 16,1% dos meses de junho (Tabela 1). Isso é um fato importante para a agricultura nesta época do ano, pois na implantação ou condução de uma cultura, ficou evidenciado a necessidade de uso de irrigação complementar. Mas, por outro lado, pode favorecer colheitas, principalmente, aquelas com grãos, pois para se atingir um teor de umidade adequado para armazenamento é necessário pouca ou nenhuma chuva.

Com relação a precipitação média mensal, verificou-se que em dezembro ocorreu a mais elevada lâmina d'água, igual a 288,6mm e a menor 20,2mm, no mês de julho; resultados que comparados aos que já foram obtidos por CASTRO NETO & SILVEIRA (1981), com 278,1mm e 17,3mm, respectivamente, são bastante próximos, mas que sugerem que podem estar ocorrendo maiores precipitações atualmente do que no período estudado pelos referidos autores (1914 a 1980). Este fato pode ser devido a uma distribuição mais irregular de chuvas nestes últimos anos do que no período anterior. Por isso, optou-se por analisar os dados em períodos menores que os mensais, os quais podem propiciar informações mais detalhadas, e as quais não foram abordadas por CASTRO NETO & SILVEIRA (1981). Tendência semelhante se verificou com a precipitação total média anual, de 1534,3mm, em relação a 1471,0mm obtida por CASTRO NETO & SILVEIRA (1981), sendo que estes valores se concentram nos meses de outubro a março, correspondendo a 82,9% e 84,8% da média anual, respectivamente.

A Tabela 1 apresenta as estimativas das precipitações prováveis mensais, a qual torna-se uma ferramenta útil para uma possível programação de irrigação suplementar, se necessário. Confrontando as precipitações médias mensais ocorridas, com o nível de probabilidade geralmente recomendado quando se estuda a precipitação provável de uma região de 75% (BERNARDO, 1989), observa-se uma discrepância entre esses valores; as precipitações médias mensais observadas, apresentaram probabilidade de ocorrência inferiores a 50%, portanto, muito abaixo do nível recomendado; este fato é atribuído à assimetria positiva apresentada pelas precipitações nos períodos estudados, realçando a boa aderência dos dados à distribuição gama, isto é, ocorreram muitas precipitações com pequenas alturas de lâmina d'água e poucas com altas precipitações e evidenciando uma dis-

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros da distribuição gama (α , β), da probabilidade de não ocorrer precipitação (Q), da precipitação média mensal (mm) e precipitação pluviométrica esperada mensal (mm) para diversos níveis de probabilidade e nos diferentes meses do ano, para Lavras, MG.

Mês	α	β	Q	Média	Nível de Probabilidade P(Y \geq y)						
					95%	90%	80%	70%	60%	50%	40%
Jan.	4,327	65,39	0,000	282,9	101,9	128,5	167,0	199,2	230,0	261,5	295,8
Fev.	3,377	57,77	0,000	195,1	58,7	77,3	105,0	128,9	152,1	176,2	202,8
Mar.	4,487	38,44	0,000	172,5	63,6	79,8	103,0	122,5	140,9	159,9	180,4
Abr.	2,550	27,16	0,000	69,3	16,2	22,7	32,8	41,9	50,9	60,5	71,2
Mai.	0,866	57,03	0,032	49,4	1,7	3,9	9,1	15,4	23,0	32,2	43,7
Jun.	0,605	46,43	0,161	26,3	0,3	0,8	2,6	5,3	9,0	13,9	20,5
Jul.	0,516	39,17	0,258	20,2	0,1	0,4	1,4	3,2	5,8	9,5	14,6
Ago.	0,568	38,38	0,258	21,9	0,2	0,6	1,9	4,0	7,0	11,0	16,5
Set.	1,363	54,27	0,032	74,0	7,4	12,7	22,8	33,1	44,3	56,9	81,7
Out.	5,597	21,72	0,000	121,6	51,1	62,1	77,6	90,4	102,3	114,4	127,5
Nov.	6,257	33,26	0,000	208,1	92,6	111,1	136,9	157,9	177,4	197,1	218,3
Dez.	6,842	42,18	0,000	288,6	134,0	159,3	194,1	222,3	248,4	274,7	302,7

tribuição irregular de lâmina d'água ao longo dos anos em cada mês. Esse fato, também, foi verificado por SAAD (1990) e FIETZ *et al.* (1998) e sugerem que a utilização destes valores no planejamento de sistema de irrigação, mesmo suplementar, acarretará um subdimensionamento de equipamentos e instalações.

Escolhendo como 90% o nível adequado de ocorrer uma dada precipitação, uma interpretação dessas informações pode ser feita do seguinte modo: verifica-se que existe 90% de probabilidade de que a precipitação esperada no mês de janeiro seja igual ou maior que 128,5mm, ou ainda, espera-se que em nove, em cada dez anos, o valor da precipitação em janeiro deverá ser, no mínimo, igual a 128,5mm. Observou-se ainda, que no mês de novembro há 70% de probabilidade de ocorrer precipitações com lâmina d'água igual ou superior a 157,9mm; sugerindo que, nos próximos 10 anos, em sete deles, espera-se uma precipitação igual ou maior que 157,9mm, ou alternativamente, em três deles espera-se que a precipitação em novembro não exceda 157,9mm, isto com 70% de confiança, mas não se deve esquecer dos 30% restantes que podem comprometer todo planejamento, e aí, reside o cuidado que se deve tomar pois os riscos climáticos associados a alta variabilidade da precipitação interanual são altos.

Conforme já esperado, verificou-se que, os meses de maio, junho, julho e agosto apresentaram as menores alturas prováveis de lâmina d'água e os meses outubro a março os de maiores alturas de chuva, em todos os períodos avaliados, e confirmando as duas estações características da região: inverno seco

e verão chuvoso. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por PERON & CASTRO NETO (1986) e SAMPAIO *et al.* (1999), que evidenciaram um período chuvoso, compreendido entre os meses de outubro e março, com precipitações superiores à evapotranspiração potencial e, um período, de abril a setembro, com precipitações inferiores ao da evapotranspiração potencial.

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados das precipitações pluviométricas prováveis, estimadas para períodos de 6 e 12 dias e para 18 e 24 dias, respectivamente. Para esses períodos, observa-se tendências bastantes definidas e semelhantes às mensais e podem ajudar na escolha de técnicas agrícolas adequada, visto que a ocorrência das precipitações não é uniforme dentro de cada mês. Estes valores permitem que se detalhe a distribuição da precipitação na região de Lavras. Para períodos de 6 dias, chuvas de 30mm ocorrem com probabilidade de 50% em janeiro e 60% em dezembro. Mas, para ocorrer pelo menos 5mm, existe aproximadamente 90% de probabilidade disto acontecer em janeiro e dezembro, 80% em fevereiro e novembro, 70% em março e outubro e 50% em abril e setembro. Estes valores são bastante adequados dado que pequenas precipitações são sabidamente de fácil ocorrência em meses já tidos como chuvosos. Mas, para abril e setembro mesmo para uma necessidade pequena, de 6mm, algum cuidado tem que ser tomado nas práticas agrícolas, pois esse valor ocorre com uma probabilidade de 50%.

Outra importante aplicação dos resultados é que, se uma cultura A exige pelo menos 25mm de

Tabela 2. Estimativas da precipitação pluviométrica provável (mm), nos períodos de 6 e 12 dias, para diversos níveis de probabilidade e nos diferentes meses do ano.

Mês	6 dias					12 dias				
	90%	80%	70%	60%	50%	90%	80%	70%	60%	50%
Jan.	4,0	9,7	16,6	25,0	35,3	24,6	40,9	56,8	73,5	92,0
Fev.	3,0	7,4	12,9	19,6	27,8	17,3	29,7	41,9	55,0	69,6
Mar.	1,6	4,3	8,1	13,0	19,2	11,9	21,3	30,8	41,2	52,8
Abr.	0,3	1,0	2,3	4,6	6,6	1,8	4,7	8,4	12,9	18,5
Mai.	0,1	0,6	1,3	2,4	4,0	0,4	1,5	3,2	5,6	9,0
Jun.	0,1	0,3	0,7	1,4	2,3	0,1	0,5	1,3	2,6	4,5
Jul.	0,1	0,3	0,6	1,1	1,8	0,1	0,5	1,2	2,3	3,9
Ago.	0,1	0,3	0,7	1,3	2,1	0,1	0,5	1,1	2,1	3,5
Set.	0,2	0,9	2,1	4,0	6,6	0,6	2,2	4,6	8,2	13,0
Out.	1,1	3,1	5,8	9,2	13,7	7,8	14,1	20,7	27,8	35,8
Nov.	2,8	6,8	12,0	18,3	26,1	16,3	28,0	39,7	52,1	65,9
Dez.	7,6	14,6	22,1	30,5	40,2	34,5	49,6	63,2	76,6	90,8

precipitação em seis dias (Tabela 2), então existe uma probabilidade de 60%, aproximadamente, da sua exigência hídrica ser atendida no mês de janeiro; isto sugere a possibilidade de se usar uma irrigação complementar neste período, dado a baixa probabilidade de ocorrência daquele valor. Já para uma cultura B, que necessite de 80mm em dezoito dias num dado período de seu ciclo (Tabela 3), a sua exigência hídrica poderia ser suprida com uma probabilidade aproximada de 80% em dezembro, 70% em novembro. Nesse caso, em plantios mais precoces, como em outubro e setembro, haveria uma necessidade maior de irrigação complementar.

Em geral, no mês de outubro iniciam-se as semeaduras tradicionais na região de Lavras, então com

a probabilidade de 70%, espera-se uma precipitação provável de 5mm no período de 6 dias e 20mm no período de 12 dias (Tabela 2), fato que sugere o uso de irrigação complementar para culturas mais exigentes em água. Já para os períodos de 18 e 24 dias (Tabela 3), espera-se a ocorrência de lâminas d'água de 35mm e 60mm, respectivamente. Observa-se no período de 12 dias (Tabela 2), que existe 80% de probabilidade de ocorrência de uma lâmina d'água igual a 14mm em outubro e, igual ou superior a 28mm no mês de novembro, a qual perdura até fevereiro, com um máximo em dezembro; resultado concordante aos obtido por OLIVEIRA et al. (2000), para os quais, a quantidade de chuva necessária na semeadura (>20mm) e floração de arroz de sequeiro, em Minas Gerais, é crescente a partir da última semana de outo-

Tabela 3. Estimativas da precipitação pluviométrica provável (mm), nos períodos de 18 e 24 dias, para diversos níveis de probabilidade e nos diferentes meses do ano.

Mês	18 dias					24 dias				
	90%	80%	70%	60%	50%	90%	80%	70%	60%	50%
Jan.	62,7	86,8	107,8	128,3	149,8	95,9	127,9	155,2	181,4	208,5
Fev.	33,2	53,4	72,7	92,7	114,6	59,6	85,3	108,2	130,8	154,8
Mar.	45,2	59,7	72,0	83,8	95,9	61,5	80,3	96,0	111,1	126,5
Abr.	14,1	22,0	29,3	36,9	45,0	17,3	26,1	34,2	42,4	51,2
Mai.	0,7	2,3	4,9	8,6	13,5	2,0	5,3	9,6	15,0	21,7
Jun.	0,2	0,9	2,1	4,0	6,8	0,3	1,1	2,8	5,4	9,2
Jul.	0,2	0,8	1,8	3,2	5,2	0,3	1,2	2,7	5,0	8,3
Ago.	0,2	0,7	1,7	3,1	5,1	0,3	1,2	2,7	4,8	7,8
Set.	0,8	3,0	6,5	11,6	18,6	2,5	6,9	13,0	20,8	30,7
Out.	16,3	26,1	35,6	45,3	56,0	35,5	49,0	60,7	72,2	84,1
Nov.	49,0	65,5	79,5	93,1	107,1	78,0	100,4	119,2	136,9	155,1
Dez.	62,9	81,4	97,0	111,8	127,0	107,2	133,5	155,0	175,2	195,7

bro. Já, em 6 dias, espera-se a ocorrência de chuvas acima de 6mm nos meses de novembro até fevereiro. Do mesmo modo, em períodos de 18 dias espera-se precipitações prováveis acima de 26mm em outubro, aumentando em novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, e em períodos de 24 dias, precipitações acima de 49mm ocorrem nestes meses com 80% de confiança, períodos considerados como chuvosos na região de Lavras. Assim, para períodos de 18 dias, espera-se que uma precipitação provável de pelo menos 72mm ocorra de novembro a março, com 70% de confiança.

Conclusões

- Os dados de precipitação pluvial agrupados nos vários períodos ajustam-se à distribuição gama incompleta e podem ser usados no planejamento de sistemas de irrigação na região de Lavras.
- Precipitações prováveis de 5mm, 20mm, 35mm, 60mm, e 90mm são esperadas que ocorram no mês de outubro com uma probabilidade de 70%, respectivamente, para períodos de 6, 12, 18 e 24 dias e mensais.
- O uso da precipitação média pode resultar em projetos subdimensionados, principalmente nos períodos de menores precipitações.
- A probabilidade de 70% para assegurar uma semeadura adequada com precipitação provável de 20mm é verificada a partir de outubro para períodos de 12 dias.
- Precipitações prováveis maiores que 100mm mensais são esperadas que ocorram nos meses de novembro, dezembro e janeiro com 90% de probabilidade, em fevereiro e março com 80%.

Referências bibliográficas

- ASSIS, F.N. Ajuste da função gama aos totais semanais de chuva de Pelotas-RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 131-136, 1993.
- ASSIS, F.N., ARRUDA, H.V., PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas : Editora Universitária, 1996. 161 p.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa : UFV, 1989. 596 p.
- BRASIL. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília : Ministério da Agricultura/SNI/DNMET, 1992. 84 p.
- CASTRO NETO, P., SILVEIRA, J.V. Precipitação provável para Lavras, região Sul de Minas Gerais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. I. Períodos mensais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 144-151, 1981.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma : FAO, 1977. 194 p.
- FIETZ, C.R., FRIZZONE, J.A., FOLEGATTI, M.V. et al. Precipitação esperada, em diferentes níveis de probabilidade, na região de Dourados, MS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 29-34, 1998.
- FRIZZONE, J.A. **Análise de cinco modelos para o cálculo da distribuição e frequência de precipitações na região de Viçosa, MG**. Viçosa : UFV, 1979. 100 p. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, 1979.
- MAROUELLI, W.A., SEDIYAMA, G.C. Balanço hídrico visando ao máximo a precipitação natural. In: SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília : ABEAS, 1987. p. 86-127.
- MATUTE, E., HACHEM, A.M. **Necessidade de água para irrigação**. Brasília : Provárzeas/Profir, 1983. 24 p.
- OLIVEIRA, A.D., COSTA, J.M.N., LEITE, R.A. et al. Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultura de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 295-309, 2000.
- PERON, A.J., CASTRO NETO, P. Probabilidade de ocorrência de verânicos na região de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 282-290, set./dez., 1986.
- SAAD, J.C.C. **Estudo das distribuições de frequência da evapotranspiração de referência e da precipitação pluvial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação**. Piracicaba : ESALQ/USP, 1990. 124 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1990.
- SAMPAIO, S.C., CORRÊA, M.M., SOUZA, M.R. et al. Precipitação provável para o município de Lavras-MG, utilizando a distribuição log-normal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 382-389, abr./jun., 1999.
- SAS INSTITUTE, INC. **SAS language and procedures: usage**. Version 6. Cary : SAS Institute, 1995. 373 p.
- THOM, H.C.S. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review** Washington, v. 86, n. 4, p. 117-122. 1958.
- VIANELLO, R.L., ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa : Imprensa Universitária, 1991. 449 p.
- VIVALDI, L.J. **Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos**. Piracicaba : ESALQ/USP, 1973. 73 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1973.