



**AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO GAMA AOS DADOS DE
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE LAVRAS
ESTADO DE MINAS GERAIS**

VALÉRIA ANDRADE VILLELA AMARANTE BOTELHO

1998

12 517 553

1951

10 12

1951

10 12

43052

MFN30379

VALÉRIA ANDRADE VILLELA AMARANTE BOTELHO

**AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO GAMA AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO
PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE LAVRAS ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Estatística e Experimentação Agropecuária, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



43052

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1998

BIBLIOTECA CENTRAL

N.º CLAS. T551.69851

BOT

am

N.º REGISTRO 23053

DATA 16/07 1998

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA**

Botelho, Valéria Andrade Villela Amarante

Ajuste da distribuição gama aos dados de precipitação pluvial do Município de Lavras
Estado de Minas Gerais / Valéria Andrade Villela Amarante Botelho. - Lavras :
UFLA, 1998.

121 p. : il.

Orientador : Augusto Ramalho de Moraes

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Chuva. 2. Distribuição gama. 3. Climatologia - Estatística. 4. Estimação de
parâmetro. 5. Ajustamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-551.69851

-551.577

-630.2515

VALÉRIA ANDRADE VILLELA AMARANTE BOTELHO

**AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO GAMA AOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO
PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE LAVRAS ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Estatística e Experimentação Agropecuária, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16 de fevereiro de 1998.

Prof. Luiz Gonsaga de Carvalho UFLA

Prof. Dr. Joel Augusto Muniz UFLA

Prof. Dra. Thelma Sáfadi UFLA



Prof. Dr. Augusto Ramalho de Moraes

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

*“Que Deus me dê de falar com inteligência
e um pensar semelhante a este dom,
pois Ele não só mostra o caminho da Sabedoria,
mas também dirige os sábios.”*

Sab. 7, 15

OFEREÇO

*À meu filho Jorge Henrique Villela Botelho
Ao meu esposo Jorge Henrique
pelo carinho e compreensão*

*Aos meus pais Geraldo e Zélia
pela formação moral e intelectual
que permitiram meu desenvolvimento
pessoal e profissional*

Às minhas irmãs e à querida Nice

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, que nas horas de aflição, deu-me força.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores e funcionários pelo incentivo.

Ao professor Augusto pela amizade e orientação.

Aos professores Delly e Júlio pela programação SAS.

Aos professores membros da banca examinadora, Thelma, Joel, Augusto e Luiz Gonsaga pelas sugestões.

A todas as Irmãs do Colégio Nossa Senhora de Lourdes, e principalmente à Irmã Nilza, pelo apoio.

A todos os meus familiares pelo interesse e carinho.

À Eloíse pela atenção, incentivo e dedicada amizade.

A todos os colegas de curso, João, Eloíse, Peter e Carlos pelo convívio e amizade.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 As precipitações e seus efeitos no solo.....	3
2.2 Distribuição gama.....	4
2.2.1 Aplicações.....	4
2.2.2 Definições e estimação dos parâmetros.....	9
2.3 Outras distribuições.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Material.....	20
3.2 Métodos.....	21
3.2.1 Definições básicas.....	21
3.2.2 Obtenção da média, variância, coeficiente de assimetria e proporção de valores nulos.....	23
3.2.3 Estimação dos parâmetros.....	26
3.2.3.1 Método da máxima verossimilhança.....	26
3.2.3.2 Obtenção dos estimadores dos parâmetros $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$	31
3.2.3.3 Variância e intervalos de confiança das estimativas dos parâmetros.....	32
3.3 Estimativas de prováveis precipitações.....	35
3.4 Teste de ajustamento.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 Estimativas dos parâmetros.....	42
4.2 Teste de ajustamento.....	45
4.3 Estimativas de alturas de precipitações pluviais.....	46
4.4 Representação gráfica dos dados pluviométricos.....	49
5 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	58

RESUMO

BOTELHO, Valéria Andrade Villela Amarante. Ajuste da distribuição gama aos dados de precipitação pluvial do município de Lavras Estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1998, 118p. (Dissertação - Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária)

O presente trabalho foi dirigido no sentido de apresentar um estudo detalhado sobre a aplicação da distribuição gama na análise de dados pluviométricos, para a região de Lavras, MG. Foram utilizados dados de precipitações pluviiais diárias (mm) relativas ao período de 1966 a 1996, observações referentes aos dados agrupados nos períodos de 1-3, 1-6, 1-9, 1-12, 1-15, 1-18, 1-21, 1-24, 1-27 e totais mensais. Em cada período foram determinadas as estimativas dos parâmetros (α , β), de suas variâncias e intervalos de confiança; estimativas das precipitações médias e variâncias, proporção de valores nulos e coeficiente de assimetria. Para verificação do ajustamento dos dados amostrais à distribuição gama foi utilizado o teste de qui-quadrado. A determinação das estimativas das precipitações pluviiais prováveis foi associada a 19 níveis de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando programas desenvolvidos para uso no software SAS. As principais conclusões foram: em 65% dos períodos estudados os dados se ajustaram a uma distribuição gama; as estimativas dos parâmetros de forma (α) são menores nos meses mais chuvosos e maiores nos meses secos e aumentam de valor à medida que o tamanho do período aumenta; as estimativas do parâmetro de escala (β), não apresentaram uma tendência definida com o aumento do tamanho dos períodos; à medida que se aumenta o tamanho dos períodos existe uma tendência dos dados a se ajustarem melhor à distribuição gama; os dados diários não se ajustaram à distribuição gama. Alturas pluviométricas prováveis podem ser obtidas considerando um certo nível de probabilidade. Existe uma probabilidade de 10% de chover no mês de março, acima de 281,0 mm e 90% de chover acima de 79,8 mm.

*Comitê de orientação: Augusto Ramalho de Moraes - UFLA (Orientador), Joel Augusto Muniz - UFLA e Daniel Furtado Ferreira - UFLA

ABSTRACT

THE ADJUSTMENT OF THE GAMMA DISTRIBUTION ON THE RAINFALL MEASUREMENT DATA IN THE COUNTY OF LAVRAS MINAS GERAIS

An experimental work was conducted with the objective of presenting a detailed study on the application of gamma distribution applied to the rainfall analysis data for the county of Lavras, Minas Gerais. Daily rain precipitation data (mm) relative to period going from 1966 to 1996 was used in the experiment. Observations concerned to the clustered data for the periods ranging from 1-3, 1-6, 1-9, 1-12, 1-15, 1-18, 1-21, 1-24, 1-27 and also for the monthly totals were utilized. For each period, it was estimated the parameters (α , β), their variances and confidence intervals, the estimatives of average rainfall and variances, the proportion of null values and coefficient of assymetry. The chi-square was done to verify the adjustment of sampling data to the gamma distribution. Na estimation for the probable rainfall occurences was associated with 19 levels of probability. The statistical analysis were performed using a SAS program. The main conclusions regarding to the study were: in 65% of the studied periods the data fitted to a gamma distribution; the estimatives of a parameters of (α) were smaller in the wettest month and greates in the driest month, increasing in value to the size of the period increased; the estimatives of the parameter of (β) scale didn't present a well defined trend with na increasing size of the periods; as the size of the period increased there was a trend for the data to fit better to the gamma distribution, daily data didn't fit to the gamma distribution. There is a 10% probability to the occur a rainfall up to 281,0 mm in the month of march and 90% probability to have a rainfall up to 79,8 mm in the same month.

*Guidance Committee: Augusto Ramalho de Moraes - UFLA (Major Professor), Joel Augusto Muniz - UFLA and Daniel Furtado Ferreira - UFLA

1 INTRODUÇÃO

A sobrevivência dos seres vivos está ligada, entre outros fatores, à sua alimentação e, conseqüentemente, à produção agrícola. A chuva, como principal fonte de água para a agricultura, tem às vezes comprometido o desenvolvimento, a colheita, a industrialização, o armazenamento e a distribuição da produção agrícola, pois apresenta uma variação não uniforme, ora com grandes períodos de estiagem, ora com consideráveis aguaceiros de curta duração que superam a capacidade de retenção de água pelo solo, provocando enchentes, inundações.

As produções agrícolas são funções de elementos probabilísticos no sentido de que elas dependem entre outros fatores das variáveis climáticas, tais como quantidade total de chuva, distribuição pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar. Dessas, a precipitação pluvial é o elemento regulador na agricultura, sendo que a quantidade de chuva que cai numa localidade determina o tipo de atividade agrícola a ser desenvolvida. No entanto, a exploração de determinadas culturas é mais dependente do curso anual da precipitação do que do volume total de água precipitado anualmente.

A região de Lavras-MG caracteriza-se por possuir alta atividade agropecuária e essas atividades são influenciadas pelos fatores climáticos; dentre esses fatores a precipitação e sua distribuição ao longo do ano são determinantes para o planejamento dessas atividades agrícolas. Nos planejamentos agropecuários é usual a utilização da média pluviométrica anual como valor provável para estimar a quantidade de chuva. No entanto, esta medida não

fornece um bom índice de avaliação de chuva, já que sua distribuição aproxima-se da normal, e a distribuição desses dados se afasta muito da normal e o curso anual de precipitação é muito variável com tendências assimétricas e irregulares.

Assim é necessário considerar outras metodologias na análise das precipitações. Várias distribuições têm sido usadas no estudo de precipitações pluviais, de acordo com os objetivos específicos, como a distribuição de Gumbel no estudo de valores extremos, e a distribuição gama nas caracterizações das distribuições de frequências pluviométricas e estimação de valores prováveis de chuva. A análise harmônica é usada no estudo de precipitações mensais com características cíclicas.

O conhecimento do comportamento e distribuição das precipitações, na região de Lavras, fornece subsídio para determinar períodos críticos predominantes na região e, tem-se condições de fornecer informações que visem reduzir as conseqüências causadas pelas flutuações de chuva, secas, quer pelo emprego de irrigação ou implantação de culturas mais adaptadas ao regime pluviométrico. Assim, é de grande importância a obtenção de estimativas das quantidades anuais, mensais ou de menores períodos, baseadas em dados amostrais de anos anteriores.

Desta forma, é de grande valia um estudo das precipitações diárias e agrupadas em vários períodos, naquele município, no sentido de obter um aproveitamento mais racional da água e identificar uma metodologia adequada. Assim, os principais objetivos do presente trabalho são: i) Estudar o ajustamento da distribuição gama aos dados de precipitações pluviais diárias e agrupadas em vários períodos, para a região de Lavras-MG; ii) Determinar estimativas prováveis de diferentes alturas pluviais, no sentido de auxiliar atividades agropecuárias a obter um melhor aproveitamento de água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente serão apresentados alguns conceitos e definições procurando ressaltar o que seja uma precipitação pluvial e seus efeitos.

2.1 As precipitações e seus efeitos no solo

A precipitação é definida como toda água na forma sólida ou líquida, caindo da atmosfera em direção ao solo. Esta é a maior classe de hidrometeoros, devendo ser distinguida de outras classes, tais como a de nuvens, a de nevoeiros, a de orvalho, a de geada, segundo Huschke (1959). Vale ressaltar que os dois últimos tipos de hidrometeoros, orvalho e geada, formam-se junto ao solo não devendo, portanto, serem confundidos com precipitação.

Os principais tipos de precipitação são: a chuva, a garoa, a neve e o granizo. Para estudos hidrológicos, no Brasil, a chuva ou precipitação pluvial é, evidentemente, o tipo mais importante.

Em escala macroscópica, a precipitação pluvial se origina de nuvens formadas pelo resfriamento de uma massa de ar, ocasionado pela sua expansão ao se elevar na atmosfera. Basicamente existem três mecanismos de elevação da massa de ar: o convectivo, o frontal e o orográfico, dando origem às chuvas convectivas, às frontais e às orográficas. A precipitação convectiva geralmente é de pequena duração e de grande intensidade, atingindo pequenas áreas. Quando ocorre a ascensão da massa de ar úmido sobre barreiras naturais, tais como

montanhas, ela se resfria à medida que ganha altitude, originando as chuvas orográficas. Quando existe uma frente que separa duas massas de ar com características térmicas diferentes, dá-se origem à precipitação chamada frontal. As chuvas do tipo orográfica e frontal, geralmente atingem grandes áreas, com grande duração e baixa intensidade, sendo importantes para o estudo de grandes bacias hidrográficas Villela e Mattos (1975); Wilken (1978).

A precipitação é caracterizada pela sua intensidade, duração e frequência. No que se refere à erosão dos solos, a intensidade é o fator mais importante. Quando é maior a intensidade da chuva que a capacidade de infiltração no solo, ocorre, inicialmente, a retenção nas depressões da superfície, seguida de escoamento superficial. A frequência das chuvas é uma característica que também influi nas perdas por erosão. Se os intervalos entre elas são curtos, a umidade do solo é alta e, assim, as enxurradas são mais volumosas, mesmo com chuvas de menor intensidade, Bertoni e Lombardi Neto (1985).

Na literatura encontram-se algumas distribuições de frequências que podem ser úteis no estudo de dados climatológicos, principalmente, no estudo das precipitações pluviais. Dessas distribuições uma que merece certo destaque é a distribuição gama; a seguir serão apresentados algumas características e aplicações dessa distribuição.

2.2 Distribuição gama

2.2.1. Aplicações

Sob as mais variadas condições climáticas, essa distribuição tem se mostrado adequada para descrever a distribuição das quantidades de chuva.

Estudando as distribuições de frequências dos dados compreendidos entre uma e dezesseis semanas, Barger e Thom (1949) verificaram que para períodos pequenos, até quatro semanas, o aspecto da curva sugere uma exponencial negativa no ajustamento e a medida que aumenta o período, a tendência da curva é ser unimodal assimétrica, para depois se aproximar da curva normal. Em função dessas características os autores utilizaram a distribuição gama, cuja curva característica admite tal flexibilidade.

Barger, Shaw e Dale (1959) realizando um estudo com dados pluviométricos com totais de duas e três semanas na região Centro - Norte dos Estados Unidos, verificaram que a distribuição gama se ajustou bem aos dados; Weaver e Miller (1967) mostraram que a distribuição gama se ajusta bem para representar dados de precipitação.

Aplicada aos dados diários de chuva, a distribuição gama tem sido utilizada por muitos pesquisadores entre eles, podemos citar Ison, Feyerherm e Bark (1971). A distribuição gama tem sido amplamente usada em hidrologia, Haan(1977). Segundo Barger e Thom (1949), Friedman e Janes (1957) e Mooley e Crutcher (1968) citado por Haan (1977), probabilidades de precipitação de dias, semanas, meses e anos são bem estimadas pela distribuição gama.

Amaral e Silva (1970) publicaram uma tabela contendo as probabilidades de diferentes quantidades de chuva em períodos de cinco dias para a cidade de Pelotas (RS); os autores não apresentaram os aspectos teóricos a respeito do método adotado na elaboração da tabela. Já, Hardee (1971) encontrou que para alguns meses de baixa precipitação, a distribuição gama não teve um bom ajuste. Ellis (1972) estudando dados de precipitação de Manaus-AM, verificou que os dados anuais se ajustaram bem a uma distribuição normal;

quanto aos dados mensais utilizou a distribuição gama, devido ao aspecto assimétrico da curva. A verificação do ajustamento desses dados foi feita através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Estudando os dados pluviométricos do município de Itaguaí-RJ, Vivaldi (1973) deu ênfase aos aspectos teóricos dos métodos usados na obtenção dos estimadores dos parâmetros, concluindo que o método de máxima verossimilhança é mais eficiente.

Vários trabalhos têm explorado o potencial de informações úteis no planejamento de atividades agrícolas a partir da análise dos dados de chuva. Com base em 35 anos de dados pluviais diários, Goodwin e Sans (1976) analisaram a interação entre probabilidades de chuva, data de plantio e consumo de água da cultura de milho em Sete Lagoas-MG, tendo concluído que, para plantios realizados entre os dias primeiro e 11 de outubro, há grande probabilidade de ocorrência de chuva igual ou superior à evapotranspiração potencial, durante o período de polinização. Avaliaram também as relações entre precipitação, balanço de água no solo, estágio fenológico e data de plantio, tendo selecionado o período anterior a 20 de outubro como a época de plantio mais favorável e o período de 8 de novembro como a época mais desfavorável, com base de ocorrência de períodos secos e elevadas temperaturas, durante o ciclo da cultura.

Wolf (1977) determinou as probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília-DF, usando 42 anos de dados diários, tendo identificado o período a partir do final de dezembro até a metade de janeiro como o de maior predominância de ocorrência de períodos secos.

Fonseca & Albuquerque (1978) estimaram os parâmetros da distribuição gama para modelar a precipitação em períodos de uma, duas e três

semanas de uma estação meteorológica de Pelotas-RS, enquanto Arruda & Pinto (1980) fizeram o mesmo para períodos de cinco dias para os dados de Campinas-SP, obtendo bons resultados e mostrando a eficiência do modelo no ajuste dos dados utilizados. Estes últimos autores, estudaram o modelo exponencial, a distribuição gama e a distribuição normal transformada e verificaram que para períodos pequenos, cinco dias, a curva é do tipo de um jota invertido, podendo-se usar o modelo exponencial, devido ao fato de se obter de modo mais rápido as estimativas dos parâmetros.

Utilizando dados de 30 anos (1949-1978), Frizzone (1979) calculou as precipitações dependentes para a região de Viçosa-MG em períodos de 5 a 30 dias, utilizando cinco modelos para cálculo da distribuição e frequência. Os resultados mostraram que a distribuição gama incompleta pode ser usada para se estudar a distribuição das precipitações em períodos de 5 a 30 dias na referida região.

A distribuição gama incompleta foi utilizada por Porto, Hancock e Barros (1980) para estudos de 55 anos de dados de chuva das estações meteorológicas de Santana de Ipanema-AL e Palmeira dos Índios-AL. Utilizaram uma amostra de 30 anos e comparando com a seqüência dos 25 anos seguintes, verificaram que no período chuvoso a amostra é satisfatória, todavia, para o período seco pode não ser representativa. Constataram, ainda, que a média aritmética de precipitação mensal e anual, baseada em 30 anos não deve ser considerada como índice de planejadores e que o tamanho da amostra é tão importante quanto o tipo de distribuição a ser usada. As mesmas conclusões foram obtidas por Friedman e Janes (1957), os quais determinaram estimativas

de probabilidade de precipitação pluvial e verificaram que o tamanho da amostra necessário para que esta seja representativa é de no mínimo dados de 30 anos.

Castro Neto, Sedyama e Villela (1980a) ajustaram uma função potencial aos dados diários de chuva para a região de Lavras-MG, para identificarem os meses que apresentam maiores probabilidades de ocorrência de períodos secos. De maneira semelhante, Castro Neto, Sedyama e Villela (1981b) verificaram que as maiores probabilidades de períodos chuvosos em Lavras-MG ocorreram nos meses de novembro a março. Castro Neto e Silveira (1980a) estudaram a precipitação para Lavras-MG em períodos mensais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama, concluindo que as menores precipitações prováveis foram encontradas nos meses de junho, julho e agosto e as maiores nos meses de outubro a março; afirmaram também que a precipitação mensal não é indicada com base para o dimensionamento de sistemas de irrigação complementar. Do mesmo modo, Castro Neto e Silveira (1981b), Castro Neto e Silveira (1983), estudaram a precipitação provável em períodos de quinze e dez dias respectivamente, concluindo que é possível a utilização de irrigação suplementar na região contando-se com a precipitação provável, o que diminuirá o custo de instalação e operação de sistemas de irrigação.

Marouelli (1983) analisou a distribuição das probabilidades de chuva para Viçosa-MG visando a sua utilização no manejo da irrigação suplementar, tendo concluído que o modelo com base nas probabilidades de ocorrência de períodos secos foi o mais satisfatório.

Galate (1987) estudou o ajuste da distribuição gama incompleta aos dados de precipitação pluvial do município de Belém-PA, considerando o período de 1953 a 1986 e os dados agrupados em dez períodos, verificou que a distribuição gama ajustou-se bem aos dados, em razão da hipótese nula não ser

rejeitada em 97,5% dos períodos estudados, o que comprova a eficiência da distribuição gama para a obtenção de estimativas de quantidades de chuva. O teste aplicado foi o qui-quadrado. Constatou ainda, que no período de 1-3 dos meses de baixa precipitação, como agosto, outubro e novembro, as frequências esperadas não estão de acordo com as observadas; esta discrepância foi causada pela redução do tamanho da amostra; portanto, nesse período a distribuição gama não apresentou bons resultados.

Assis (1991) elaborou modelos teóricos para descrever a quantidade de chuva diária em Pelotas-RS com base na distribuição binomial negativa truncada e na distribuição de probabilidade gama. Ao analisar os totais semanais de chuva de Pelotas-RS, correspondentes ao período de 1893 a 1991, concluiu-se que a quantidade de chuva nas semanas com chuva, pode ser adequadamente representada pela função de distribuição de probabilidade gama.

A distribuição gama pode ser aplicada em vários estudos, pois é uma função flexível, podendo assumir ou ajustar-se a diferentes tipos de curvas, passando por diversos graus de assimetria. Assis, Arruda e Pereira (1996) apresentaram um excelente trabalho principalmente do ponto de vista didático, com exemplos e aplicações.

2.2.2 Definições e estimação dos parâmetros

A função gama, representada por $\Gamma(\alpha)$, é definida, segundo Mood , Graybill e Boes (1974), pela integral

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx, \alpha > 0 \quad (1)$$

e as funções

$$P(\alpha, x) = \int_0^x x^{(\alpha-1)} e^{-x} dx \quad (2)$$

e

$$Q(\alpha, x) = \int_x^{\infty} x^{(\alpha-1)} e^{-x/\beta} dx \quad (3)$$

são denominadas funções gama incompletas.

De acordo com Thom (1958), Mood, Graybill e Boes (1974) a distribuição gama pode ser expressa por meio da função de densidade de probabilidade (f.d.p.)

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, & 0 < x < \infty \\ 0 & , \text{c. c.} \end{cases} \quad (4)$$

com $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $\Gamma(\alpha) > 0$, em que α é o parâmetro de forma (adimensional), β é o parâmetro de escala (mm) e x é uma variável aleatória (precipitação). Esta distribuição é positivamente assimétrica e a assimetria depende inversamente sobre o fator de forma (α). A moda da distribuição é $\beta(\alpha-1)$ se $\alpha > 1$ e zero se $0 < \alpha \leq 1$; e neste último caso a distribuição tem a forma de um jota invertido.

Uma particularidade interessante da distribuição gama é que para $\alpha = 1$, ela se transforma numa distribuição exponencial, e para $\alpha = n/2$ e $\beta=1$ ela define a distribuição de qui-quadrado.

Os estimadores dos parâmetros da distribuição gama foram obtidos por Thom(1958) aplicando o método da máxima verossimilhança, maximizando a equação de verossimilhança

$$\ln L = -n \alpha \ln \beta - n \ln \Gamma(\alpha) + (\alpha - 1) \sum \ln x - (\sum x)/\beta \quad (5)$$

cujas soluções forneceram os estimadores de máxima verossimilhança definidos pelas expressões

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4A/3}}{4A} \quad \text{e} \quad \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (6)$$

com

$$A = \ln \bar{x} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln x_j \quad (7)$$

Um outro procedimento de estimação dos parâmetros de máxima verossimilhança foi sugerido por Greenwood e Durand (1960) e usado por Larsen e Pense (1982), os quais verificaram que o erro deste procedimento para $\alpha > 1$ não excede a 0,0054%, e definindo uma variável auxiliar

$$Y = \log_e \left(\frac{\text{media aritmetica}}{\text{media geometrica}} \right) = \log_e \left(\frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)}{\left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{1/n}} \right) \quad (8)$$

os estimadores foram

$$\hat{\alpha} = \frac{8,898919 + 9,059905Y + 0,9775373Y^2}{Y(17,79728 + 11,968477Y + Y^2)} \quad \text{e} \quad \hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n\hat{\alpha}} \quad (9)$$

ressaltaram que estas fórmulas são apropriadas somente para $0 < \hat{\alpha} < 1$ e são aproximadas.

Grenwood e Durand (1960) citados por Melo (1989) sugeriram um modo de se estimar o parâmetro de forma α através da expressão

$$\hat{\alpha} = (0,50000876 + 0.16488552 - 0,0542744 A^2)/A \quad (10)$$

onde

$$A = \ln \bar{x} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln x_j \quad (11)$$

Segundo Thom (1958) e Scolforo (1995) os parâmetros da distribuição gama podem ser estimados de maneira simplificada pelo método dos momentos, de onde se obtém

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}^2}{S_x^2} \quad (12)$$

e

$$\hat{\beta} = \frac{S_x^2}{\bar{x}} \quad (13)$$

onde

\bar{x} = média;

S_x^2 = variância.

Thom (1958) estudando a eficiência do método dos momentos em relação ao de máxima verossimilhança, verificou que para $\alpha > 1$ o método dos momentos produz estimativas não aceitáveis para α e β ; para α próximo de 1, usa-se somente 50% da informação na amostra para estimar β e 40% para α . Para $\alpha > 10$ as eficiências para α e β são satisfatórias.

A função de distribuição acumulada da distribuição gama é representada pela função gama incompleta:

$$P(X \leq x) = F(x) = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x u^{(\hat{\alpha}-1)} e^{-u/\hat{\beta}} du \quad (14)$$

onde x representa a precipitação pluvial. Através do desenvolvimento em série de Taylor, Vivaldi (1973) e Galate (1987), chegaram a

$$F(t) = \frac{t^{\hat{\alpha}}}{\hat{\alpha} \Gamma(\hat{\alpha}) e^t} \left(1 + \frac{t}{\hat{\alpha} + 1} + \frac{t^2}{(\hat{\alpha} + 1)(\hat{\alpha} + 2)} + \frac{t^3}{(\hat{\alpha} + 1)(\hat{\alpha} + 2)(\hat{\alpha} + 3)} + \dots \right) \quad (15)$$

que é uma expressão que permite o cálculo aproximado da probabilidade de ocorrência de um valor menor ou igual a x , onde $t = x/\hat{\beta}$.

Para determinar a precipitação x , conhecido um nível de probabilidade, Vivaldi (1973) e Galate (1987) fizeram

$$\frac{t^{\hat{\alpha}}}{\hat{\alpha} \Gamma(\hat{\alpha}) e^t} \left(1 + \frac{t}{\hat{\alpha} + 1} + \frac{t^2}{(\hat{\alpha} + 1)(\hat{\alpha} + 2)} + \frac{t^3}{(\hat{\alpha} + 1)(\hat{\alpha} + 2)(\hat{\alpha} + 3)} + \dots \right) - F = 0 \quad (16)$$

onde F é um conhecido nível de probabilidade (fixado). Assim, consideraram uma outra função $g(t)$

$$g(t) = \frac{t^{\hat{\alpha}}}{\hat{\alpha} \Gamma(\hat{\alpha}) e^t} \left(1 + \frac{t}{\hat{\alpha} + 1} + \frac{t^2}{(\hat{\alpha} + 1)(\hat{\alpha} + 2)} + \frac{t^3}{(\hat{\alpha} + 1)(\hat{\alpha} + 2)(\hat{\alpha} + 3)} + \dots \right) - F = 0 \quad (17)$$

Os autores consideraram que uma das maneiras de resolver esta equação é por meio de um processo iterativo; entre esses, o algoritmo de Newton-Raphson pode ser utilizado da seguinte forma

$$t_{i+1} = t_i - \frac{g(t_i)}{g'(t_i)}, \quad g'(t_i) \neq 0 \quad (18)$$

$$t_{i+1} = t_i - \frac{\frac{t_i^{\hat{\alpha}}}{\hat{\alpha}\Gamma(\hat{\alpha})e^{t_i}} \left(1 + \frac{t_i}{\hat{\alpha}+1} + \frac{t_i^2}{(\hat{\alpha}+1)(\hat{\alpha}+2)} + \frac{t_i^3}{(\hat{\alpha}+1)(\hat{\alpha}+2)(\hat{\alpha}+3)} + \dots \right) - F}{\frac{t_i^{\hat{\alpha}-1}}{\Gamma(\hat{\alpha})e^{t_i}}} \quad (19)$$

Para iniciar o processo iterativo é necessário ter um valor inicial (t_0), e esse valor depende de $\hat{\alpha}$ e F . Segundo Thom (1966) citado por Assis (1991), as seguintes relações são utilizadas;

Para $\hat{\alpha} \geq 1$ e $F \geq 0,50$

$$t_0 = \ln \frac{1}{1-F} + [1,51 - 2F(1-F)](\hat{\alpha} - 1), F \geq 0,50 \quad (20)$$

Para $\hat{\alpha} \geq 1$ e $F < 0,50$

$$t_0 = \ln \frac{1}{1-F} + [0,49 - 2F(1-F)](\hat{\alpha} - 1), F < 0,50 \quad (21)$$

Para $\hat{\alpha} < 1$ e $0,50 < F < 0,90$

$$t_0 = \frac{1,309F}{(1 - 0,658F^2)} - 0,10 \quad (22)$$

Para $\hat{\alpha} < 1$ e $F \geq 0,90$

$$t_0 = \frac{1,309F}{(1 - 0,658F^2)} - 0,06 \quad (23)$$

Para $\hat{\alpha} < 1$ e $F \leq 0,50$

$$t_0 = 0,01 \quad (24)$$

Obtidas as raízes da equação, Melo (1989) entre outros, lembra que estas devem ser multiplicadas por $\hat{\beta}$ para determinar as precipitações estimadas associadas aos níveis de probabilidade fixado.

Freqüentemente, em períodos curtos não há ocorrência de chuva, ou seja, a precipitação pluvial é igual a zero. O valor $x = 0$ não pode ser utilizado na estimativa dos parâmetros pelo método da máxima verossimilhança no caso da distribuição gama. Abandonar esta informação e trabalhar somente com os valores não nulos, ocasiona uma superestimação da precipitação a um determinado nível de probabilidade. Thom (1966), pesquisando este aspecto, introduziu o conceito da distribuição mista, para a precipitação pluvial e para outras variáveis climatológicas. Ele considerou a precipitação como um fenômeno cuja ocorrência é aleatória, com probabilidade P e a não ocorrência com a probabilidade Q , sendo $P + Q = 1$.

Desta forma, a função de distribuição acumulada passa a ser

$$G(t) = Q + P F(t) \quad (25)$$

onde $F(t)$ é a função de distribuição acumulada.

Um estimador de Q é:

$$\hat{Q} = \frac{m}{n} \quad (26)$$

onde

m = número de zeros em uma série climatológica;

n = tamanho da amostra.

Para se obter $P(X \leq x)$ emprega-se (14), fazendo-se $t = x / \hat{\beta}$. No caso inverso, dado $G(t)$ quer se obter x ; para isso utiliza-se o método iterativo de Newton-Raphson.

Neste caso, tem-se

$$G(t)=G \quad (27)$$

$$H(t)=\hat{Q} + (1 - \hat{Q})F(t) - G = 0 \quad (28)$$

$$t_{i+1} = t_i - \frac{H(t_i)}{H'(t_i)}, H'(t_i) \neq 0 \quad (29)$$

onde

$$x_i = t_i \hat{\beta}$$

x_i = precipitação pluvial máxima em mm, a um nível de probabilidade conhecido.

Inicia-se o processo com um valor inicial para t_0 , que depende de $\hat{\alpha}$ e G , obedecendo as mesmas fórmulas de (25), (26), (27), (28) e (29).

2.3 Outras distribuições

As precipitações do município de Campinas-SP no período de 1890 a 1956 foram estudadas por Godoy, Nogueira e Gomes (1961), através do uso dos polinômios ortogonais até quarto grau. Verificando que em alguns meses as distribuições eram assimétricas, procuraram obter uma distribuição aproximadamente normal, através da utilização de diversas transformações. Constataram que a transformação $\log(x + 5)$ foi a única na qual houve uma concordância razoável com a distribuição normal.

Num estudo feito com dados de Belo Horizonte-MG (57 anos), Aquino (1969) optou por usar polinômios ortogonais de 4^o grau onde concluiu que Belo Horizonte possui uma estação chuvosa e seca bem definidas e que dezembro é o mês mais chuvoso com 324,6 mm e julho é o mais seco com 2,9mm.

Amaral (1968) utilizou a análise harmônica para estimar as precipitações mensais de Pelotas-RS, para o período de 1900 a 1951, verificando que as ondas anual, semestral e quadrimestral foram significativas.

Através da regressão periódica, Pereira (1978) determinou que a equação obtida a partir dos dados transformados do município de Grajaú-MA, para o período de 1914 a 1958 explica 99,75% das variações das precipitações mensais. Feltrim (1980) verificou que o município de Bandeirantes-PR apresentou um período seco (abril a setembro) e um período chuvoso (outubro a março) bem definidos, sendo que o modelo usado explicou 98% das variações devida a meses. Estudando a distribuição de frequência de pênadas dos dados de precipitação na região de Campinas-SP, Arruda e Pinto (1980) utilizaram as distribuições; exponencial, gama e normal transformadas para estimação dos parâmetros e verificaram que, para períodos pequenos, como cinco dias, em que a curva é do tipo de um jota invertido, pode-se utilizar o modelo exponencial, devido ao fato de obter os parâmetros de forma mais rápida. Na verificação do ajustamento dos dados, foi usado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Santos (1984) estudou precipitações pluviiais mensais no município de Bananeiras-PB, com uma série de 47 anos onde 99,15% da variação das precipitações mensais foram bem explicadas pelo modelo.

Estudando a análise estatística das séries de chuvas de Pindorama-SP, Gonçalves (1983) comparou modelos para previsão de séries temporais de janeiro de 1950 a abril de 1981 onde obteve como o melhor modelo o de Box e Jenkins (ARMA - modelo auto regressivo de médias móveis) onde executando-se este modelo, o melhor dentre os estudados no trabalho foi o de suavização sazonal aditivo de Holt e Winters.

A distribuição de Gumbel foi empregada por Leopoldo, Sansigolo e Martins (1984) no estudo das precipitações máximas diárias para a região de Botucatu-SP, ocorridas no período de 1939 a 1982.

Com séries de totais diários de chuva registrados em seis estações climatológicas (Catalão-GO, Goiânia-GO, Lavras-MG, Patos de Minas-MG, Uberaba-MG e Viçosa-MG), Melo(1989) ajustou modelos estocásticos com o intuito de estimar, independente do tempo e do espaço, as probabilidades de dias chuvosos em períodos mensais e as precipitações dependentes diárias e constatou uma dependência entre o parâmetro de escala e a precipitação média mensal dos dias chuvosos e que os modelos usados foram satisfatórios.

Gomes, Aquino e Oliveira (1989) estudaram a distribuição de frequência de precipitações pluviiais máximas diárias em períodos de dez e quinze dias, um mês e um ano, através da distribuição de Gumbel, na região de Lavras-MG e verificaram que o modelo pode ser usado para o cálculo das precipitações máximas prováveis na estação chuvosa em períodos de 10 e 15 dias e em todos os meses do ano, exceto julho, para períodos de um mês e de um ano. Em geral, não se verificaram ajustamento do modelo na estação seca.

Com o uso das distribuições de probabilidade geométrica, logarítmica e binomial negativa truncada, Assis(1991) propôs modelos para descrever a chuva diária de Piracicaba-SP (1917 a 1989) e de Pelotas-RS (1895 a 1989) em termos de sua quantidade e da ocorrência de dias com ou sem chuva e de dias secos, mostrando que as séries de dados de Piracicaba (1917 a 1944 e 1945 a 1989) e de Pelotas (1895 a 1950 e 1951 a 1989), resultantes da mudança dos postos de observação, são homogêneas.

Pinto (1995) analisou dados de precipitação de 29 estações pluviométricas do Estado de Minas Gerais, com o intuito de ajustar modelos teóricos de distribuição de probabilidade em séries de intensidade, duração e frequências anuais através do uso das distribuições de Gumbel, Log-normal a dois e a três parâmetros, Pearson III e Log-Pearson III, concluindo que as distribuições de Gumbel e Log-normal a dois parâmetros foram as que melhor se ajustaram aos dados observados.

Duarte, Castro Neto e Bergamaschi (1995) aplicaram a análise harmônica aos valores mensais das chuvas referentes ao município de Lavras-MG, no período de 1951 a 1985 e verificaram que aproximadamente 98% da variação total anual das médias de precipitações é representada pela onda anual e que existe a ocorrência de um máximo de chuva no mês de janeiro e um mínimo no mês de julho.

A partir dessas considerações e sabendo-se que o sucesso da produção agrícola está altamente dependente das características do regime de chuva, o conhecimento destas características é básico para o planejamento de atividades agrícolas, tais como: definição de datas mais apropriadas para o preparo do solo e para o plantio.

Assim, inclui-se nos objetivos, a verificação da hipótese relativa ao ajustamento dos dados de precipitação a uma distribuição gama. No caso de aceitação da hipótese de que os dados se ajustam à distribuição gama, determinar alturas pluviométricas prováveis.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Os dados utilizados no presente estudo 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, em Lavras Estado de Minas Gerais em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Lavras está situada na latitude de $21^{\circ}14'S$, longitude de $45^{\circ}00'W$ e altitude média de 918 metros, Brasil (1992). O clima da região segundo a classificação de Köppen é considerado de transição entre Cwa e CWb, variando de subtropical a temperado propriamente dito com chuvas predominantes no verão e tendo o inverno considerado como seco. As observações referem-se as precipitações pluviais diárias expressas em altura de lâmina d'água (mm), abrangendo um período de janeiro de 1966 a dezembro de 1996, num total de 31 anos, conforme Friedman e Janes (1957), os quais apresentaram a necessidade de uma série de no mínimo 30 anos de dados pluviométricos como sendo representativa para análises estatísticas.

Após a obtenção dos dados, esses foram armazenados ou arquivados, usando-se o software de banco de dados Excel.

Para o estudo do ajustamento da distribuição gama aos dados, estes foram agrupados em onze períodos dentro de cada mês, com exceção do mês de fevereiro quando foram usados dez períodos. Os períodos foram constituídos por

agrupamentos de dados da seguinte maneira: dados diários, 1-3, 1-6, 1-9, 1-12, 1-15, 1-18, 1-21, 1-24, 1-27, 1-31. (onde, por exemplo, 1-3 significa tomar períodos contendo totais de dados de 3 em 3 dias). Em cada período, foram determinadas as estimativas dos parâmetros da distribuição gama, variâncias das estimativas dos parâmetros, intervalos de confiança, coeficiente de assimetria, proporção de dias sem chuva, médias e variâncias. Também, foram obtidas as quantidades prováveis de chuva associadas a 19 níveis de probabilidades, sendo estes: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90 e 0,95.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando-se o software SAS, de acordo com SAS (1982), cujos programas encontram-se no Anexo E. Foram analisadas as tendências das precipitações pluviais, as distribuições de frequências das chuvas, a frequência de dias sem chuvas e o ajuste desses dados a distribuição gama. A verificação da compatibilidade dos dados com a distribuição gama foi feita pelo teste de qui-quadrado, observando-se as restrições mencionadas por Campos (1983).

3.2 Métodos

A metodologia usada na determinação dos estimadores dos parâmetros da distribuição gama será apresentada a seguir.

3.2.1 Definições básicas

Se X for uma variável aleatória contínua, com $(0 \leq X < \infty)$, com distribuição gama de parâmetros $\alpha > 0$ e $\beta > 0$, então a sua função de densidade

de probabilidade é definida como

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, & 0 < x < \infty \\ 0 & , \text{ c. c.} \end{cases} \quad (30)$$

Essa função de densidade descreve uma família de curvas que depende dos parâmetros α e β .

Sendo $F(x)$ a probabilidade de ocorrência de um evento menor ou igual a x , pode-se escrever que a sua função de distribuição de probabilidade acumulada, segundo Thom (1966), é

$$P(X \leq x) = F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_a^x u^{\alpha-1} e^{-u/\beta} du \quad (31)$$

em que

$F(x)$ = probabilidade de ocorrer um valor $X \leq x$, ou probabilidade de ocorrer uma quantidade de precipitação igual ou inferior a x ;

X = variável aleatória contínua que representa os valores das precipitações;

$\Gamma(\alpha)$ = função gama incompleta;

α = parâmetro de forma da variável aleatória X ;

β = parâmetro de escala da variável aleatória X (mm);

e = base do logaritmo neperiano (2,718...);

a = origem.

Desde que valores negativos de chuvas são impossíveis, é conveniente, conforme cita Sedyama et al (1978), forçar a passagem da curva pela origem dos eixos coordenados. A equação (31), com pequenas modificações passa a ser:

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x u^{(\alpha-1)} e^{-u/\beta} du \quad (32)$$

onde

x = quantidade de chuva, em mm;

$F(x)$ = probabilidade de ocorrer um valor menor ou igual a x mm de chuva.

3.2.2 Obtenção da média, variância, coeficiente de assimetria e proporção de valores nulos

Se X é uma variável aleatória com distribuição gama de parâmetros α e β , a sua função geradora de momentos nos permite obter, quando existirem, quaisquer momentos da variável. É representada por $M_x(t)$ e dada por

$$M_x(t) = m_x = E(e^{tx}) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} f(x) dx \quad (33)$$

Assim, para a distribuição gama

$$M_x(t) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} e^{tx} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)} dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{[-x(1/\beta-t)]} dx \quad (34)$$

A integral acima só converge se $t < 1/\beta$.

Fazendo-se a transformação $u = x(1/\beta - t) \Rightarrow du = dx(1/\beta - t)$

Obtem-se

$$M_x(t) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} \left(\frac{u}{1/\beta - t} \right)^{\alpha-1} e^{-u} \frac{du}{(1/\beta - t)} \quad (35)$$

Resolvendo-se adequadamente chega-se a

$$M_x(t) = (1 - \beta t)^{-\alpha} \quad (36)$$

que é a função geradora de momentos (f.g.m.) da função de distribuição gama.

A partir da f.g.m., determinam-se dois momentos populacionais de grande importância que são:

- i) primeiro momento em relação à origem (momento ordinário de ordem 1), que é a média.

$$m_1 = E(X) = \frac{dM_x(0)}{dt} \quad (37)$$

$$m_1 = \frac{d(1-\beta t)^{-\alpha}}{dt} = -\alpha(1-\beta t)^{-\alpha-1} - \beta \Big|_{t=0} = \alpha\beta(1-\beta t)^{-\alpha-1} \Big|_{t=0} = \alpha\beta \quad (38)$$

- ii) segundo momento em relação à média (momento ordinário de ordem 2), que é a variância representada por μ_2 .

$$\mu_2 = E[X - E(X)]^2 \quad (39)$$

$$V(X) = E[X - m_1]^2 = E(X^2) - 2m_1E(X) + m_1^2 = m_2 - m_1^2 \quad (40)$$

onde

$$m_2 = E(X^2) = \frac{d^2 M_x(0)}{dt^2} = \frac{d^2(1-\beta t)^{-\alpha}}{dt^2} = \alpha\beta(-\alpha-1)(1-\beta t)^{-\alpha-2}(-\beta) \Big|_{t=0} = \quad (41)$$

$$= -\alpha\beta^2(-\alpha-1)(1-\beta t)^{-\alpha-2} \Big|_{t=0} = (\alpha^2\beta^2 + \alpha\beta^2)(1-\beta t)^{-\alpha-2} \Big|_{t=0} = \alpha^2\beta^2 + \alpha\beta^2 \quad (42)$$

$$V(X) = m_2 - m_1^2 = \alpha^2\beta^2 + \alpha\beta^2 - \alpha^2\beta^2 = \alpha\beta^2 \quad (43)$$

Outra expressão de grande interesse é a do coeficiente de assimetria, o qual é usado para verificar se a distribuição de X é mais ou menos simétrica em torno do seu valor médio. É definido por:

$$\gamma = \frac{\mu_3}{\sqrt{\mu_2^3}} \quad (44)$$

onde μ_3 é o momento central de ordem 3 e é dado por

$$\mu_3 = E[X - E(X)]^3 = E[X - m_1]^3 = E(X^3) - 3m_1E(X^2) + 3m_1^2E(X) - m_1^3 = \quad (45)$$

$$= m_3 - 3m_1m_2 + 3m_1^2m_1 - 2m_1^3 \quad (46)$$

Calculando-se o momento ordinário de ordem 3,

$$m_3 = E(X^3) = \frac{d^3 M_x(0)}{dt^3} = (-\alpha - 2)(\alpha^2\beta^2 + \alpha\beta^2)(1 - \beta t)^{-\alpha-3}(-\beta) \Big|_{t=0} = \quad (47)$$

$$= (-\alpha^3\beta^2 - \alpha^2\beta^2 - 2\alpha^2\beta^2 - 2\alpha\beta^2)(-\beta)(1 - \beta t)^{-\alpha-3} \Big|_{t=0} = \quad (48)$$

$$= \alpha^3\beta^3 + \alpha^2\beta^3 + 2\alpha^2\beta^3 + 2\alpha\beta^3 = \alpha^3\beta^3 + 3\alpha^2\beta^3 + 2\alpha\beta^3 \quad (49)$$

Assim, substituindo em (40), obtem-se

$$\mu_3 = \alpha^3\beta^3 + 3\alpha^2\beta^3 + 2\alpha\beta^3 - 3(\alpha\beta)(\alpha^2\beta^2 + \alpha\beta^2) + 2(\alpha\beta)^3 = 2\alpha\beta^3 \quad (50)$$

Logo, o coeficiente de assimetria é

$$\gamma = \frac{2\alpha\beta^3}{\sqrt{(\alpha\beta^2)^3}} = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \quad (51)$$

Observa-se que a distribuição gama tende a ser simétrica para valores grandes de α ($\gamma \rightarrow 0$ quando $\alpha \rightarrow \infty$). Segundo Thom (1958) pode ser provado que ao fazer α tender para o infinito, a distribuição gama se aproxima da normal. O mesmo autor ressalta que para α maior que 100, pode-se optar pelo uso da curva normal.

Um estimador da proporção de valores nulos (Q) é

$$\hat{Q} = \frac{m}{n} \quad (52)$$

onde

m = número de zeros em uma série climatológica;

n = tamanho da amostra.

3.2.3 Estimação dos parâmetros

Um grande problema encontrado em trabalhos que envolvem distribuição gama em dados pluviométricos, é a estimação dos parâmetros α e β . Vários métodos podem ser usados, como o método dos quadrados mínimos, o método dos momentos e o da máxima verossimilhança. Porém, todos possuem limitações de uso, seja por problemas matemáticos, ou por produzirem estimativas ineficientes. O método dos quadrados mínimos apresenta uma série de dificuldades quando aplicado à distribuição gama, e não é recomendado. Segundo Thom (1958) o método da máxima verossimilhança e o dos momentos são os mais comumente utilizados. Neste trabalho foi utilizado o método da máxima verossimilhança.

3.2.3.1. Método da máxima verossimilhança

O método da máxima verossimilhança desenvolvido por Fisher (1941) é um processo geral de obtenção de estimadores.

Admitindo-se que uma população tenha função de densidade que depende do parâmetro θ a ser estimado tem-se que, a função de densidade pode ser representada por $f(X, \theta)$, onde X é um vetor de n variáveis aleatórias; θ é um vetor formado pelos parâmetros da distribuição. Vale que para qualquer distribuição, considerando-se que ocorram n observações independentes, x_1, x_2, \dots, x_n , a função de densidade conjunta dessas observações é:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = f(x_1; \theta) f(x_2; \theta) \dots f(x_n; \theta) \quad (53)$$

a qual é representada por

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \quad (54)$$

que é chamada de função de verossimilhança.

A máxima verossimilhança pode ser obtida determinando-se a derivada de $L(X; \theta)$ em relação a θ e igualando-se a zero, ou seja,

$$\frac{\partial L}{\partial \theta_i} = 0 \quad (55)$$

Para a aplicação deste método é conveniente aplicar o logaritmo natural, $\ln [L(X; \theta)]$, e depois fazer a derivada, isto é,

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \theta_i} = 0 \quad (56)$$

Lembrando que θ é um vetor formado pelos parâmetros da distribuição a ser estudada, os estimadores de máxima verossimilhança do parâmetro $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_K)$, são obtidos resolvendo-se o sistema de equações:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_K)}{\partial \hat{\theta}_1} = 0 \\ \frac{\partial L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_K)}{\partial \hat{\theta}_2} = 0 \\ \vdots \\ \frac{\partial L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_K)}{\partial \hat{\theta}_K} = 0 \end{array} \right. \quad (57)$$

onde $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_K$, são denominados, estimadores de máxima verossimilhança dos parâmetros $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_K$.

Neste estudo, a função densidade de probabilidade é

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, 0 \leq x < \infty \quad (58)$$

A função de verossimilhança é dada por

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} (x_i)^{\alpha-1} e^{(-x_i/\beta)} \quad (59)$$

$$= \left(\frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \right)^n \prod (x_i)^{\alpha-1} e^{(-\sum x_i/\beta)} \quad (60)$$

$$= \beta^{-n\alpha} [\Gamma(\alpha)]^{-n} \prod_{i=1}^n (x_i)^{\alpha-1} e^{(-\sum x_i/\beta)} \quad (61)$$

aplicando logaritmo

$$\ln(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta) = -n\alpha \ln(\beta) - n \ln[\Gamma(\alpha)] + (\alpha - 1) \ln\left(\sum \ln x_i\right) - \frac{\sum x_i}{\beta} \quad (62)$$

derivando-se parcialmente e igualando-se a zero, fica

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta)}{\partial \alpha} = -n \frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} - n \ln \hat{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln x_i = 0 \\ \frac{\partial \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta)}{\partial \beta} = \frac{-n\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} + \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\hat{\beta}^2} = 0 \end{array} \right. \quad (63)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -n \frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} - n \ln \hat{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln x_i = 0 \\ \frac{-n\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} + \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{\hat{\beta}^2} = 0 \end{array} \right. \quad (64)$$

simplificando, obtem-se

$$\begin{cases} -n \frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} - n \ln \hat{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln x_i = 0 \\ \hat{\beta} = \frac{\bar{X}}{\hat{\alpha}} \end{cases} \quad (65)$$

Em (65), na primeira equação, dividindo-se ambos os membros por n e substituindo $\hat{\beta}$ por $\frac{\bar{X}}{\hat{\alpha}}$, tem-se:

$$\ln \hat{\alpha} - \frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} = \ln \bar{X} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \quad (66)$$

A expressão $\Gamma'(\hat{\alpha})/\Gamma(\hat{\alpha})$ é chamada função digama de $\hat{\alpha}$, representada por $\psi(\hat{\alpha})$ e suas derivadas $\psi'(\hat{\alpha}), \psi''(\hat{\alpha})$, são chamadas funções trigamas, tetragamas, etc.

A equação (66) pode ser representada por:

$$\ln \hat{\alpha} - \psi(\hat{\alpha}) = \ln \bar{X} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \quad (67)$$

Fazendo-se

$$A = \ln \bar{X} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln x_j \quad (68)$$

onde

n = número de anos com dados de precipitação;

x_j = altura de chuva no período;

\bar{X} = altura média de chuva no período.

fica

$$\ln \hat{\alpha} - \psi(\hat{\alpha}) = A \quad (69)$$

A dificuldade do método reside na resolução da equação (69), de onde obtém-se o estimador $\hat{\alpha}$, isto é, é uma equação implícita em $\hat{\alpha}$. Mas pode ser resolvida com alguma dificuldade. A função digama aparece tabulada em algumas publicações, como em Abramowits e Stegun (1970), mas para poucos valores. Por isso, um ligeiro estudo sobre seus desenvolvimentos em série é oportuno.

Considerações - Função digama

A função digama, segundo Thom(1958), Abramowits e Stegun(1970), pode ser obtida através do desenvolvimento de

$$\psi(\alpha) = \ln(\alpha) - \frac{1}{2\alpha} - \sum_{k=1}^{\infty} \frac{B_{2k}}{(2k\alpha^{2k})} \quad (70)$$

onde B_k são os números de Bernoulli ($B_2 = 1/6$, $B_4 = -1/30$, ...).

Esta expressão pode também ser escrita como

$$\psi(\alpha) \cong \ln(\alpha) - \frac{1}{2\alpha} - \frac{1}{12\alpha^2} + \frac{1}{120\alpha^4} - \frac{1}{252\alpha^6} + \frac{1}{240\alpha^8} - \frac{1}{132\alpha^{10}} + \dots \quad (71)$$

Calculando-se a derivada de (71), tem-se a função trigama, ou seja:

$$\psi'(\alpha) \cong \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{2\alpha^2} + \frac{1}{6\alpha^3} - \frac{1}{30\alpha^5} + \frac{1}{42\alpha^7} - \frac{1}{30\alpha^9} + \frac{5}{66\alpha^{11}} + \dots \quad (72)$$

que será usada no cálculo das variâncias.

3.2.3.2 Obtenção dos estimadores dos parâmetros $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$

Das equações (67), (68), (69) e (71) tem-se que uma aproximação para a função digama é

$$\frac{\Gamma'(\hat{\alpha})}{\Gamma(\hat{\alpha})} = \psi(\hat{\alpha}) \cong \ln(\hat{\alpha}) - \frac{1}{2\hat{\alpha}} - \frac{1}{12\hat{\alpha}^2} \quad (73)$$

Substituindo a expressão de $\psi(\hat{\alpha})$ de (73) em (69), um estimador aproximado do parâmetro α pode ser obtido através da resolução da seguinte equação

$$12A\hat{\alpha}^2 - 6\hat{\alpha} - 1 = 0 \quad (74)$$

Como $x_i > \ln x_i$, temos $A > 0$, o discriminante da equação (74) será maior que 36. Então, para satisfazer a condição $\alpha > 0$ (por definição), a solução que interessa será:

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4A/3}}{4A} \quad (75)$$

O estimador do parâmetro β , dado por (65) é

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (76)$$

3.2.3.3 Variância e intervalos de confiança das estimativas dos parâmetros

Os estimadores obtidos pelo método da máxima verossimilhança têm variâncias e covariâncias, dadas pela matriz:

$$V = \frac{1}{n} W^{-1} = \begin{bmatrix} V(\hat{\theta}_1) & \text{Cov}(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2) & \cdots & \text{Cov}(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_K) \\ \text{Cov}(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2) & V(\hat{\theta}_2) & \cdots & \text{Cov}(\hat{\theta}_2, \hat{\theta}_K) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \text{Cov}(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_K) & \text{Cov}(\hat{\theta}_2, \hat{\theta}_K) & \cdots & V(\hat{\theta}_K) \end{bmatrix} \quad (77)$$

Sendo n o tamanho da amostra e W uma matriz simétrica de dimensões $K \times K$ (sendo K o número de parâmetros), cujo elemento geral é:

$$w_{ij} = -E \left[\frac{\partial^2 \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_K)}{\partial \hat{\theta}_i \partial \hat{\theta}_j} \right] \quad (78)$$

onde:

$$i = 1, 2, \dots, K$$

$$j = 1, 2, \dots, K.$$

A matriz resultante é denominada de matriz de informação, Mood, Graybill e Boes (1974).

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1K} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2K} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_{K1} & w_{K2} & \cdots & w_{KK} \end{bmatrix}_{KK} \quad (79)$$

Para a distribuição gama tem-se:

$$w_{ij} = -E \left[\frac{\partial^2 \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\alpha}, \hat{\beta})}{\partial \hat{\alpha} \partial \hat{\beta}} \right], i, j = 1, 2 \tag{80}$$

sendo

$$w_{11} = -E \left[\frac{\partial^2 \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\alpha}, \hat{\beta})}{\partial \hat{\alpha}^2} \right] = -E[-\psi'(\hat{\alpha})] = \psi'(\hat{\alpha}) \tag{81}$$

$$w_{12} = -E \left[\frac{\partial^2 \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\alpha}, \hat{\beta})}{\partial \hat{\alpha} \partial \hat{\beta}} \right] = -E \left[-\frac{1}{\hat{\beta}} \right] = \frac{1}{\hat{\beta}} \tag{82}$$

$$w_{12} = w_{21} \tag{83}$$

$$w_{22} = -E \left[\frac{\partial^2 \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \hat{\alpha}, \hat{\beta})}{\partial \hat{\beta}^2} \right] = -E \left[\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}^2} - \frac{2\hat{\alpha}\hat{\beta}}{\hat{\beta}^3} \right] = \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}^2} \tag{84}$$

$$W = \begin{bmatrix} \psi'(\hat{\alpha}) & 1/\hat{\beta} \\ 1/\hat{\beta} & \hat{\alpha}/\hat{\beta}^2 \end{bmatrix} \tag{85}$$

Para n observações, tem-se

$$W = n \begin{bmatrix} \psi'(\hat{\alpha}) & 1/\hat{\beta} \\ 1/\hat{\beta} & \hat{\alpha}/\hat{\beta}^2 \end{bmatrix} \tag{86}$$

Um estimador da matriz de variâncias e covariâncias é

$$\hat{V} = \frac{1}{n} W^{-1} \quad (87)$$

onde

$$W^{-1} = \frac{1}{\frac{1}{\beta^2} [\hat{\alpha} \psi'(\hat{\alpha}) - 1]} \begin{bmatrix} \hat{\alpha} / \hat{\beta}^2 & -1 / \hat{\beta} \\ -1 / \hat{\beta} & \psi'(\hat{\alpha}) \end{bmatrix} \quad (88)$$

De onde obtém-se

$$\hat{V} = \frac{1}{n [\hat{\alpha} \psi'(\hat{\alpha}) - 1]} \begin{bmatrix} \hat{\alpha} & -\hat{\beta} \\ -\hat{\beta} & \beta^2 \psi'(\hat{\alpha}) \end{bmatrix} \quad (89)$$

De (89) tem-se

$$\hat{V}(\hat{\alpha}) = \frac{\hat{\alpha}}{n [\hat{\alpha} \psi'(\hat{\alpha}) - 1]} \text{ e } \hat{V}(\hat{\beta}) = \frac{\beta^2 \psi'(\hat{\alpha})}{n [\hat{\alpha} \psi'(\hat{\alpha}) - 1]} \quad (90)$$

$$\text{Cov}(\hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \frac{-\hat{\beta}}{n [\hat{\alpha} \psi'(\hat{\alpha}) - 1]} \quad (91)$$

Para amostras grandes, um intervalo de confiança aproximado pode ser construído, para os parâmetros $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$. Como se observa, a variância das estimativas é inversamente proporcional ao tamanho da amostra, indicando que quanto maior n , menor será o intervalo de confiança. Para Friedman & Janes(1957) o número de observações da amostra deve ser maior que 30, mas não fizeram nenhuma pesquisa especial sobre o assunto.

Considerando o nível de 90% de probabilidade, pode-se obter os seguintes intervalos de confiança para os parâmetros

$$\alpha: \hat{\alpha} \pm 1,645\sqrt{\hat{V}(\hat{\alpha})} \quad (92)$$

$$\beta: \hat{\beta} \pm 1,645\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta})} \quad (93)$$

Baseada no Teorema do Limite Central, estes intervalos foram construídos baseando-se na hipótese de que $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$ tenham distribuição aproximadamente normal, com médias α e β e variâncias $V(\hat{\alpha})$ e $V(\hat{\beta})$, respectivamente. O valor 1,645 é obtido da tabela da distribuição normal padronizada a 90%.

Nos casos em que os parâmetros são desconhecidos, Mood, Graybill e Boes (1976) afirmaram que eles podem ser substituídos pelas suas estimativas, sem que isto afete consideravelmente o grau de aproximação.

3.3 Estimativas de prováveis precipitações

Obtidos os estimadores $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$, surge a questão de se estimar probabilidade através da função de distribuição acumulada ou de se estimar diferentes precipitações pluviais a um dado nível de probabilidade conhecido.

A função de distribuição acumulada é representada pela função gama incompleta:

$$P(X \leq x) = F(x) = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x u^{(\hat{\alpha}-1)} e^{-u/\hat{\beta}} du \quad (94)$$

onde x representa a precipitação pluvial. A expressão (94) não possui solução imediata e necessita alguma manipulação. Uma forma seria usar os métodos numéricos aproximados, como o método de Simpson; outra forma é através do desenvolvimento em série, o qual será apresentado.

Fazendo substituição de variáveis $t = u/\hat{\beta}$, $u = t \hat{\beta}$, $du = \hat{\beta} dt$ e $u \rightarrow 0 \Rightarrow t \rightarrow 0$, $u \rightarrow x \Rightarrow t \rightarrow x/\hat{\beta}$

$$F\left(\frac{x}{\hat{\beta}}\right) = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^{x/\hat{\beta}} e^{-t} (t\hat{\beta})^{\hat{\alpha}-1} \hat{\beta} dt \quad (95)$$

$$F\left(\frac{x}{\hat{\beta}}\right) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^{x/\hat{\beta}} e^{-t} t^{\hat{\alpha}-1} dt \quad (96)$$

$$F(t) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^t e^{-t} t^{\hat{\alpha}-1} dt \quad (97)$$

Lembrando que

$$e^{-t} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n t^n}{n!} = 1 - t + \frac{t^2}{2!} - \frac{t^3}{3!} + \dots + (-1)^n \frac{t^n}{n!} \quad (98)$$

fica

$$F(t) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^t \left(1 - t + \frac{t^2}{2!} - \frac{t^3}{3!} + \dots \right) t^{\hat{\alpha}-1} dt \quad (99)$$

$$F(t) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^t \left(t^{\hat{\alpha}-1} - t^{\hat{\alpha}} + \frac{t^{\hat{\alpha}+1}}{2!} - \frac{t^{\hat{\alpha}+2}}{3!} + \dots \right) dt \quad (100)$$

integrando, obtém-se

$$F(t) = \frac{t^{\hat{\alpha}}}{\Gamma(\hat{\alpha})} \left(\frac{1}{\hat{\alpha}} - \frac{t}{(\hat{\alpha}+1)!} + \frac{t^2}{(\hat{\alpha}+2)2!} - \frac{t^3}{(\hat{\alpha}+3)3!} + \dots \right) \quad (101)$$

que é a expressão para cálculo de probabilidade de ocorrência de um valor menor ou igual a x mm de chuva, onde $t = x/\hat{\beta}$. Uma outra expressão pode ser obtida multiplicando-se e dividindo-se a expressão de (101) por

$$e^t = 1 + t + \frac{t^2}{2!} + \frac{t^3}{3!} + \dots \quad (102)$$

e reunindo, do produto resultante, os termos t , t^2 , t^3 , ... e os demais termos correspondentes aos diversos expoentes, e levando em conta que

$$t \left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{\alpha+1} \right) = \frac{t}{\alpha(\alpha+1)} \quad (103)$$

e que

$$t^2 \left(\frac{1}{2\alpha} - \frac{1}{\alpha+1} + \frac{1}{2(\alpha+2)} \right) = \frac{t^2}{\alpha(\alpha+1)(\alpha+2)} \quad (104)$$

e assim, para outros, tem-se que

$$F(t) = \frac{t^{\hat{\alpha}}}{\hat{\alpha}\Gamma(\hat{\alpha})e^t} \left(1 + \frac{t}{\hat{\alpha}+1} + \frac{t^2}{(\hat{\alpha}+1)(\hat{\alpha}+2)} + \frac{t^3}{(\hat{\alpha}+1)(\hat{\alpha}+2)(\hat{\alpha}+3)} + \dots \right) \quad (105)$$

que é a expressão que permite o cálculo aproximado da probabilidade de ocorrência de um valor menor ou igual a x , onde $t = x/\hat{\beta}$. Assim a probabilidade

de ocorrer um valor de $X \leq x$ é dada por $F(t)$ e a precipitação provável é obtida pela inversa de $F(t)$. Todos estes cálculos foram realizados utilizando-se o software SAS, SAS (1982), conforme programas apresentados no Anexo E.

3.4 Teste de ajustamento

Para se verificar a qualidade do ajustamento da distribuição gama aos dados, foi aplicado o teste de χ^2 , respeitando-se as recomendações presentes em Gomes (1971) e Campos (1983). O teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov não foi aplicado em virtude da necessidade do conhecimento dos parâmetros α e β , segundo Massey (1951).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações mensais e anuais relativas aos anos estudados encontram-se na Tabela 1. Verifica-se que no ano de 1990 ocorreu a menor precipitação anual com menores precipitações em outubro e dezembro e maiores em novembro. Observa-se uma variabilidade muito grande dos dados: no mês de janeiro por exemplo, considerado um mês de muita chuva, ocorrem precipitações mensais que variam de 76 mm (1976) até 718 mm (1992).

Os resultados numéricos das estimativas e intervalos de confiança relativos aos 131 períodos estudados estão presentes no Anexo A, nas Tabelas de 1A a 13A. Os valores calculados de χ^2 obtidos no teste de ajustamento, juntamente com os respectivos níveis de significância estão contidos no Anexo B, nas Tabelas de 1B a 7B. No Anexo C, nas Tabelas de 1C a 13C são encontradas probabilidades de precipitação pluvial associadas a 19 níveis de probabilidades para todos os períodos estudados. A representação gráfica dos dados de precipitação (histogramas e curvas ajustadas da distribuição gama) se encontram no Anexo D, Figuras 1D a 14D e, ainda, são apresentados os programas utilizando o software SAS, no Anexo E, através dos quais foram realizados os cálculos.

TABELA 1. Totais mensais e anuais das precipitações pluviométricas de janeiro de 1966 a dezembro de 1996 em Lavras - MG.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1966	515	237	224	24	12	0	5	9	32	168	265	303	1794
1967	393	284	115	26	1	28	0	0	5	123	258	210	1443
1968	196	192	76	29	2	2	3	43	67	108	81	372	1170
1969	254	175	148	50	33	43	5	25	20	115	292	269	1428
1970	345	256	106	72	17	24	26	55	57	144	223	102	1427
1971	259	56	150	87	3	109	1	0	49	131	295	446	1585
1972	197	259	204	45	33	0	94	18	73	188	417	199	1727
1973	202	117	112	172	60	35	8	27	42	149	134	257	1316
1974	212	64	426	62	35	72	0	5	15	111	72	325	1399
1975	173	269	47	50	18	5	25	0	50	107	332	225	1301
1976	76	228	127	84	123	22	69	107	196	105	166	337	1641
1977	250	24	279	88	5	7	0	42	128	51	273	107	1256
1978	410	129	90	31	100	23	46	0	43	156	219	201	1448
1979	205	380	204	80	86	0	82	71	73	166	236	350	1933
1980	489	202	61	148	9	83	0	13	45	61	229	251	1589

CONTINUAÇÃO

1981	282	77	117	41	25	51	0	22	54	220	253	231	1373
1982	352	188	343	23	16	9	22	2	44	179	136	507	1820
1983	238	377	246	216	141	127	57	6	369	184	194	414	2568
1984	172	69	101	110	47	0	0	33	113	67	233	268	1212
1985	448	161	225	8	21	3	0	2	61	76	263	392	1659
1986	126	259	148	28	90	1	80	81	18	38	140	509	1518
1987	205	136	179	109	57	21	4	0	92	57	169	402	1431
1988	138	256	112	32	34	23	10	0	53	181	154	190	1181
1989	270	361	273	45	0	41	31	6	72	59	123	271	1554
1990	114	120	115	68	93	1	40	43	71	91	181	97	1034
1991	543	203	119	101	2	0	7	0	47	190	102	215	1529
1992	718	144	238	111	94	4	14	25	158	144	230	132	2011
1993	194	275	139	63	28	54	0	22	55	48	102	229	1209
1994	421	212	274	24	198	10	4	0	0	146	227	317	1833
1995	200	340	125	65	66	1	1	0	39	116	192	442	1585
1996	147	310	129	54	85	17	0	18	149	91	336	253	1589

4.1 Estimativas dos parâmetros

Os resultados numéricos encontrados das estimativas e intervalos de confiança dos parâmetros α e β , relativos aos 131 períodos estudados estão apresentados no Anexo A, na Tabela 1A para dados diários e nas Tabelas 2A a 13A para os dados agrupados nos vários períodos estudados.

Para os dados diários, verificou-se que, nos meses de maiores precipitações como janeiro e dezembro, as estimativas de α (parâmetro de forma) foram menores do que nos meses de poucas precipitações, como julho e agosto (Tabela 1A). Isto sugere que os dados diários possuem acentuada assimetria. Já para o parâmetro de escala β , os maiores valores numéricos ocorreram nos meses de maiores incidência de chuvas.

Observa-se também, Tabela 1A, que a proporção de valores ou dias sem chuva, variam muito ao longo dos meses do ano, sendo que em julho com uma estimativa de $\hat{Q} = 0,91$ o mês com mais dias sem chuva e janeiro, $\hat{Q} = 0,40$, o mês com menos dias sem chuva, ou seja, aproximadamente 60% dos dias de janeiro ocorre alguma precipitação. De modo semelhante, o coeficiente de assimetria (γ), Tabela 1A, apresentou maior estimativa no mês com menos chuva, $\gamma = 3,91$ em julho, sugerindo que os dados diários, em cada mês, possuem uma assimetria positiva (cauda para a direita).

Ainda na Tabela 1A, observa-se que as precipitações médias diárias ao longo dos meses variam de 0,7 mm no mês de julho até 9,1 mm no mês de janeiro; o mesmo ocorrendo com as estimativas das variâncias, ou seja, variâncias menores ocorrem nos meses de pouca chuva e variâncias maiores nos meses de maiores precipitações. Isto mostra que, num certo espaço de tempo, como a precipitação média diária maior pode ser, geralmente, esperada nos meses de janeiro e dezembro, com relação a julho e agosto, as precipitações em

janeiro e dezembro provavelmente serão mais irregulares do que as de julho e agosto, em virtude da grandeza das estimativas das variâncias.

Do mesmo modo que observado para as estimativas dos parâmetros α e β , as estimativas dos erros padrão e dos intervalos de confiança são maiores nos meses com maiores precipitações, mostrando que nos meses de menos chuva as estimativas dos parâmetros possuem uma menor precisão, os dados são mais consistentes.

Para os dados agrupados observou-se que, de um modo geral, nos meses mais chuvosos, as estimativas do parâmetro α tenderam a ser maiores com o aumento do tamanho do período, sugerindo uma menor assimetria. No entanto, isto nem sempre ocorreu; houve casos, como janeiro, onde o período de 1-21 a assimetria foi menor do que nos períodos de 1-24 (Tabela 2A); em março onde no período de 1-24 a assimetria foi maior do que no período de 1-27 (Tabela 4A); maio onde no período de 1-15, a assimetria foi menor do que no período de 1-18 (Tabela 6A).

Nos meses de menor ocorrência de chuva as estimativas de α não apresentaram uma tendência definida com o aumento do tamanho do período; de maio até agosto as estimativas de α variaram de 0,4545 em junho período de 1-9 até 0,8665 em maio período de 1-30. De modo geral, as estimativas foram menores do que aquelas observadas nos meses mais chuvosos.

Os períodos de menores assimetria foram 1-31 no mês de dezembro, com uma estimativa de $\gamma = 0,7646$, quando o valor da estimativa de α foi de $\hat{\alpha} = 6,8419$ e 1-27 no mês de dezembro, com uma estimativa de $\gamma = 0,7763$ e sendo a estimativa de α , igual a $\hat{\alpha} = 6,6370$, como pode ser observado na Tabela 13A, respectivamente. Os períodos de maiores assimetria foram de 1-3 no mês de maio, cuja estimativa do coeficiente de assimetria foi de $\gamma = 2,9557$,

onde a estimativa do valor de α foi de $\hat{\alpha} = 0,5056$ e de 1-12 no mês de junho, cujo coeficiente de assimetria apresentou uma estimativa de $\gamma = 3,9666$ e quando a estimativa do valor de α foi de $\hat{\alpha} = 0,4545$, como pode ser visualizado nas Tabelas 6A e 7A respectivamente.

Um resultado bastante interessante foi a proporção de valores nulos da amostra. Em geral, observou-se que ao aumentar o tamanho do período as estimativas da proporção de valores nulos (\hat{Q}) diminuíram, o que já era esperado, no entanto nos meses mais secos, como maio, junho, julho, agosto e setembro, em todos os períodos houve estimativas de Q não nulas, sendo que nos meses de julho e agosto no período de 1-31 ocorreu uma proporção de $\hat{Q} = 0,2581$ (Tabelas 8A e 9A), indicando que em 25,81% desses meses não ocorreu nenhuma precipitação durante o mês todo, e que, para esse mesmo período em 3,23% dos meses de maio (Tabela 6A), 16,13% dos meses de junho (Tabela 7A) e 3,23% dos meses de setembro (Tabela 10A), não foram registradas nenhuma precipitação pluviométrica, fato importante para a agricultura nesta época do ano.

Nas Tabelas 2A a 13A também mostram os valores estimados das médias e variâncias dos dados nos diferentes períodos. Em todos os meses verificou-se que a medida que a média aumenta, em função do aumento do tamanho dos períodos, a variância também aumenta, indicando que em períodos maiores os dados são mais inconsistentes, ou seja, as precipitações mensais são mais irregulares do que as precipitações de 3 dias por exemplo. A maior precipitação no período de 1-31 foi observada no mês de dezembro, com média anual igual a 288,6 mm (Tabela 13A) e a menor 20,2 mm (Tabela 8A) no mês de julho. Para o período de 1-3 a menor precipitação média observada foi de

2,0 mm no mês de julho (Tabela 8A) e a maior 27,6 mm no mês de janeiro (Tabela 2A).

Ainda podem ser encontrados nas Tabelas 2A a 13A as estimativas dos erros padrão das estimativas dos parâmetros bem como seus respectivos intervalos de confiança. Os erros padrão das estimativas dos parâmetros α e β apresentaram uma tendência de aumentar seus valores a medida que houve um aumento no tamanho do período; para o parâmetro β , suas estimativas não apresentaram uma tendência definida com relação ao aumento do tamanho do período, exceção somente para o mês de julho; este fato mostra que em períodos menores as estimativas possuem uma precisão bem melhor.

Os intervalos de confiança apresentaram valores bastante razoáveis, pois em nenhum caso o limite inferior incluiu o valor zero, mostrando que as estimativas não podem ser nulas ou negativas, fato desejável já que os parâmetros α e β por definição são maiores que zero. O nível de significância adotado de 10% parece bastante razoável e concorda com o usado por Friedman e Janes (1957) e por Galate (1987) os quais consideraram que este nível é suficiente em se tratando de uma variável climatológica, a qual sabe-se que esta apresenta uma grande variabilidade e irregularidade de comportamento.

4.2 Teste de ajustamento

Para se testar a hipótese de que os dados amostrais de cada período, obtidos de uma população de distribuição desconhecida são provenientes de uma distribuição gama, foi empregado o teste de qui-quadrado (χ^2) com $v = c-p-1$ graus de liberdade, onde c é o número de classes e p o número de parâmetros a serem estimados, no caso $p = 2$, segundo Campos (1983). O nível de

significância adotado foi de 5% de probabilidade para se rejeitar a hipótese. Os resultados obtidos encontram-se no Anexo B nas Tabelas de 1B a 7B.

Para dados diários de precipitação verificou-se que em todos os meses foi rejeitada a hipótese nula, mostrando que para dados diários e para cada mês a distribuição gama não deve ser usada, resultados semelhantes aos obtidos por Hardee (1971) para meses de baixa precipitação. Esses dados conforme pode-se visualizar pelas Figuras 1D e 7D sugerem o uso de uma distribuição exponencial, a qual foi sugerida por Arruda & Pinto (1980) para períodos pequenos.

4.3 Estimativas de alturas de precipitações pluviais

A principal finalidade da aplicação da distribuição gama na análise de dados pluviométricos é a de obter estimativas de precipitação pluvial provável em termos de probabilidade.

As estimativas das precipitações pluviais prováveis obtidas através da distribuição gama encontram-se no Anexo C, nas Tabelas de 1C a 13C. Observa-se na Tabela 1C, as precipitações pluviais prováveis diárias para os diferentes meses do ano em função de vários níveis de probabilidade. Para qualquer dia do mês de janeiro tem-se uma probabilidade de 95% de chover até 34,2 mm e 50% de chover até 4,4 mm; já para o mês de outubro existe uma probabilidade de 50% de chover até 2,0 mm em média diariamente.

Verifica-se de um modo geral, na Tabelas de 2C a 13C que os meses de maio, junho, julho e agosto apresentaram probabilidade de menores alturas prováveis de chuva e os meses de outubro a março os de maiores alturas de chuva.

Observa-se na Tabela 12C do Anexo C, que no período mensal do mês de novembro há 30% de probabilidade de chover quantidade igual ou inferior a 157,9 mm. Isto indica que, dentro de 10 anos, em três anos, espera-se no mês de novembro uma precipitação igual ou menor do que 157,9 mm ou , alternativamente, em sete anos dentro de 10 anos, espera-se que a precipitação para o mês de novembro exceda a 157,9 mm. Nesse mesmo período ao nível de 80%, corresponde a 273,0 mm, indicando que em 8 anos dentro de 10 anos a precipitação esperada será igual ou inferior a 273,0 mm ou em dois anos, dentro de dez anos, espera-se mais do que 273,0 mm. Observa-se, ainda, que no mês de novembro espera-se uma precipitação mensal de até 92,6 mm com o nível de 5% de probabilidade ou seja, 95% de ocorrer precipitações acima deste valor e até 361,1 mm, valores próximos aos encontrados por Castro Neto e Silveira (1980a). Este raciocínio pode ser expandido para todos os demais períodos .

TABELA 2. Água necessária durante o ciclo, para algumas culturas.

Algodão	550 - 1.100 mm
Arroz	600 - 1.200 mm
Banana	900 - 1.800 mm
Batatinha	350 - 700 mm
Café	800 - 1.200 mm
Cana-de-açúcar	1.000 - 2.000 mm
Cebola	350 - 700 mm
Citrus	600 - 1.200 mm
Feijão	300 - 600 mm
Fumo	300 - 600 mm
Milho	400 - 800 mm
Soja	400 - 800 mm
Sorgo	300 - 600 mm
Tomate	300 - 600 mm
Verduras em geral	250 - 500 mm
Uva	500 - 1.000 mm

Comparando-se a Tabela 2 com a Tabela 2C do Anexo C, nota-se que se uma cultura exige pelo menos 20,0 mm de precipitação pluviométrica semanalmente, então existe uma probabilidade de 65% dela ser implantada no mês de janeiro; como não é um nível alto de probabilidade, isto sugere a possibilidade de se usar uma irrigação complementar. Um exemplo interessante, considerando que a cultura da soja necessita de 80 mm quinzenais de chuva num dado período, por exemplo na sua implantação, então através da Tabela 10C do Anexo C, isto poderia ocorrer com uma probabilidade aproximada de 10% em setembro, 25% em outubro (Tabela 11C), 55% em novembro (Tabela 12C) e 75% em dezembro (Tabela 13C). Vê-se aí que em plantios mais tardios a chance de se usar uma irrigação complementar é menor. Culturas menos exigentes poderiam ser plantadas mais cedo.

Com relação às estimativas mensais (1-31) da Tabela 2C do Anexo C, existe uma probabilidade de 95% de que no mês de janeiro ocorra uma precipitação mínima de 101,9 mm; uma precipitação acima de 537,3 mm poderá ocorrer com uma probabilidade de 5%.

Inferências estatísticas de alturas pluviais também podem ser feitas utilizando as variâncias dos dados para comparação das diferenças entre uma alta e baixa probabilidade. No período mensal de outubro a amplitude entre 5% e 95% é de 165,5 mm, para o período mensal de agosto, a variação entre os mesmos níveis é de 79,8 mm e as variâncias são $2475,34 \text{ (mm)}^2$ e $731,30 \text{ (mm)}^2$; desse modo, em um certo espaço de tempo, uma precipitação maior pode ser geralmente esperada no mês de novembro com relação a agosto, no entanto, a precipitação em novembro provavelmente será mais irregular do que a de agosto, em virtude das grandezas de suas variâncias.

4.4. Representação gráfica dos dados pluviométricos

No Anexo D, nas Figuras de 1D a 14D encontram-se representações gráficas das precipitações da cidade de Lavras, através de histogramas, curvas ajustadas à distribuição gama e dispersão com a finalidade de ilustração dos resultados.

Na Figura 1D encontra-se a representação gráfica dos dados diários de precipitação pluvial de janeiro de 1966 a dezembro de 1996; observa-se que existe uma grande concentração de valores ou dias com precipitação nula ou de baixa precipitação (menor que 20,0 mm) e poucos dias com altas precipitações, caracterizando uma distribuição assimétrica à direita. Na Figura 2D, está a representação da curva ajustada da distribuição gama ($\hat{\alpha}=0,5213$ e $\hat{\beta}=8,0384$) a esses dados.

Nas Figuras 3D e 4D encontram-se representados a distribuição de frequência dos totais mensais de precipitação e a curva ajustada pela distribuição gama para o mês de abril respectivamente, verifica-se claramente o bom ajuste dos dados à distribuição gama. Nas Figuras 5D e 6D também se observa um outro caso de bom ajustamento da distribuição gama aos dados de precipitação mensal para o mês de outubro.

Nas Figuras 7D e 8D estão representados a distribuição de frequência dos dados de precipitação pluvial diários do mês de novembro e a curva ajustada pela distribuição gama para o mês de novembro, respectivamente; nota-se a assimetria a direita com aproximadamente 500 valores nulos, num total de 931. Neste mesmo mês, para os totais mensais (período 1-30) a distribuição de frequência e a curva ajustada já são bem característica de uma distribuição gama (Figuras 9D e 10D).

Para ilustrar duas épocas características da região de Lavras, elaborou-se as Figuras 11D e 12D, as quais mostram a dispersão dos totais mensais dos meses de abril e maio (época de colheita das culturas de verão) e de outubro e novembro (época de plantio das culturas de verão) respectivamente; nota-se que novembro é geralmente um mês de mais chuvas que outubro e que entre abril e maio não se tem uma tendência geral definida, claramente abril e maio chove menos do que outubro e novembro.

A representação gráfica de totais mensais de precipitação (Figuras 13D) mostra que os meses de janeiro e dezembro são os de maiores precipitações pluviais, enquanto que junho, julho e agosto os de menores precipitação. Já na Figura 14D encontram-se a dispersão desse mesmos dados em função dos anos; verifica-se um comportamento semelhante dos dados ao longo dos anos, com exceção de um valor no ano de 1992.

No geral, verificou-se que as hipóteses foram alcançadas. Os dados de precipitação diária não se ajustaram bem a distribuição gama, devendo-se neste caso, buscar através de outros modelos e distribuições aquelas mais adequadas para o seu estudo. Quando os dados foram agrupados nos vários períodos, houve em muitos casos bom ajustamento à distribuição gama e com isto também permitiu que se fizesse inferências quanto às precipitações prováveis dado um certo nível de probabilidade. Assim, como em Stern e Coe (1982) foi possível ajustar os dados de chuva a um modelo probabilístico (a distribuição gama), e com isso é possível obter um resumo sucinto dos dados e sugerir ou determinar épocas mais prováveis ou não de ocorrência de chuvas.

5 CONCLUSÕES

A partir das análises feitas neste trabalho, obteve-se as seguintes conclusões:

1. O ajustamento da distribuição gama é mais eficiente nos períodos maiores e nos meses de maiores precipitações.

2. Os dados diários não devem ser estudados através da distribuição gama.

3. A hipótese nula não foi rejeitada em 65% dos períodos estudados, o que mostra que a distribuição gama foi eficiente para a estimativa de quantidades de chuva no município de Lavras-MG.

4. Alturas pluviométricas prováveis podem ser obtidas considerando um certo nível de probabilidade. Existem 10% de probabilidade de chover acima de 281mm no mês de março e 90% de chover acima de 79,8 mm.

5. Em 16,13% dos meses de junho e 25,81% dos meses de julho e agosto não ocorreu nenhuma precipitação durante todo o mês.

6. As estimativas dos parâmetros de forma (α) são menores nos meses mais chuvosos e maiores nos meses secos e aumentam de valor a medida que o tamanho do período aumenta; as estimativas do parâmetro de escala (β), não apresentaram uma tendência definida com o aumento do tamanho dos períodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOWITS, M.; STEGUN, I. A. **Handbook of mathematical functions. With formulas, graphs, and mathematical tables.** New York: Dover, 1970. 1046p.

AMARAL, E. **Análise harmônica. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.3, p.7-43, 1968.**

AMARAL, L.E.; SILVA, J.B. **Tabelas de probabilidades das precipitações pluviométricas em Pelotas, RS. Pelotas, UFPel, 1970. 27p.**

AQUINO, L. H. **Análise estatística de dados pluviométricos com auxílio de programação Fortran.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1969. 123p. (Tese Mestrado - Estatística e Experimentação Agronômica).

(VI) ARRUDA, H. V. & PINTO, H. S. **A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas, SP, Brazil. Agricultural Meteorology, Amsterdam v.22. p.101-108. 1980.**

(4) ASSIS, F. N. de. **Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva de Piracicaba - SP e Pelotas - RS.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1991. 134p. (Tese Doutorado - Estatística e Experimentação Agronômica).

ASSIS, F. N. de.; ARRUDA, H. V. de. ; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática - Pelotas : UFPel, 1996. 161p.**

BARGER, G.L.; SHAW, R.H.; DALE, R.F. **Gamma distribution parameters from 2 and 3 week precipitation totals in the North Central region of the United States.** Iowa, Iowa: State University, 1959. 183p.

BARGER, G.L.; THOM, H. C. S. **Evaluation of drought hazard. Agronomy Journal, Madison: v. 41, n. 11, p. 519-526, 1949.**

4 BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livro Ceres, 1985. 392p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Normais Climatológicas**. Rio de Janeiro: MA, 1961-1990. Brasília: 1992. 84p.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica**. 4ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 343p.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILLELA, E. A. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.4, n.1, p.46-55. 1980a.

CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILLELA, E. A. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos em Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v.4, n.1, p.56-65. 1980b.

6 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. 1981a.

7 CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J. V. Precipitação provável para Lavras, Região Sul de Minas Gerais, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. II. Períodos de quinze dias. **Ciência e Prática**, Lavras, v.5, n.2, p.152-162. 1981b.

8 CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J. V. Precipitação provável para Lavras-MG, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. III. Períodos de 10 dias. **Ciência e Prática**, Lavras, v.7, n.1, p.58-65. 1983.

CHATFIELD, C. Wet and Dry Spells. **Monthly Weather Review**, 21:308-10, 1966.

COE, R. & STERN, R. D. Fitting models to daily rainfall data. **Journal of Applied Meteorology**, 21:1024-31, 1982.

DUARTE, G.S.; CASTRO NETO, P.; BERGAMASCHI, S.M.P. O emprego da análise harmônica no estudo da distribuição das precipitações mensais do município de Lavras. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.2, p.204-206, abr./jun. 1995.

ELLIS, J. Análise estatística das alturas de chuva anuais e mensais em Manaus, Amazonas. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Meteorologia, v.7, p.1-12, 1972. (Boletim Técnico).

FELTRIM, M.A.V. A análise harmônica no estudo das precipitações pluviais no município de Bandeirantes, PR. Piracicaba, ESALQ/USP, 1980. 89p. (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica).

FISHER, R. A. The negative binomial distribution. **Annals of Eugenics**, London, v. 11, p182-7, 1941.

FONSECA, V. O. & ALBUQUERQUE, J. A. S. Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de probabilidades para totais de chuva de uma região de Pelotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 3, p47-58, 1978.

FRIEDMAN, D. G. & JANES, B. E. Estimation of rainfall probabilities. University of Connecticut Agricultural Experiment Station, **Bulletin**, 332:1-22. 1957.

FRIZZONE, J. A. Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição de precipitação na região de Viçosa-MG. Viçosa, UFV/ Impr. Univ., 1979. 100p. (Tese Mestrado).

GABRIEL, K. R. & NEUMANN, J. A. A markov Chain model for daily rainfall occurrence at Tel Aviv. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 88:90-5, 1962.

GALATE, R.S. Estudo das precipitações pluviais no município de Belém - PA, através da distribuição gama. Piracicaba, ESALQ/USP, 1987. 70p. (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica).

GODOY, H.; NOGUEIRA, I. R.; GOMES, F. P. Análise estatística de dados pluviométricos de Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 20, p. 357-371. 1961.

- GOMES, F. C.; AQUINO, L. H.; OLIVEIRA, M. S. Estudo da distribuição e frequência de precipitação pluviométrica máxima diária em períodos de dez e quinze dias, um mês e um ano, em Lavras (MG), pela distribuição de Gumbel. In: Simpósio de Estatística Aplicada a Experimentação Agronômica, 3, e Reunião Anual da RBRAS, 34, Lavras, 1989. Anais... Lavras, ESAL, 1989. P. 300-314.
- GONÇALVES, E. B. Comparação de modelos para previsão de séries temporais - série de precipitação pluvial mensal no município de Pindorama. Piracicaba: ESALQ/USP, 1983. 162p. (Tese de mestrado)
- GOODWIN, J. B. & SANS, L. M. A. Análise de interação da data de plantio, probabilidade de chuvas e consumo de água pela cultura do milho. Nota preliminar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO E SORGO. Anais... Piracicaba, ESALQ, 1976. P.486-97.
- GREENWOOD, J. A.; DURAND, J. Aids for fitting the gamma distribution by maximum likelihood. *Technometrics* 2: 55-65.
- HAAN, C. T. *Statistical methods in hydrology*. Ames, ISUP, 1977. 377p.
- HARDEE, J.E. *Analysis of colombian precipitation to estimate irrigation requeriments*. Utah: Utah Water Research Laboratory, 1971. 67p.
- HUSCHKE, R.E. *Glossary of Metodology*. Boston, American Meteorological Society, 1959. 638p.
- ISON, N. T.; FEYERHERM, A. M.; BARK, L. D. Wet period precipitation and the Gamma distribution. *Journal of Applied Meteorology*, 10:658-65, 1971.
- KATS, R. W. Precipitation as a Chain-dependent process. *Journal of Applied Meteorology*. v.16, n.7, p.671-76, 1977.
- LARSEN, G. A.; PENSE, R. B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. *Agronomy Journal*, Madison, v. 74, p. 510-514, 1982.
- LEOPOLDO, P. R.; SANSIGOLO, C. A.; MARTINS, D. Análise estatística das intensidades e precipitações máximas de Botucatu-SP. *Irrigação e Tecnologia Moderna*, Brasília: v.16, p. 11-14, mar. 1984.

MAROUELLI, W. A. **Análise de distribuição de probabilidades de chuva, visando o manejo da irrigação suplementar.** Viçosa: UFV, 1983. 123p. (Tese de Mestrado).

MASSEY, F. J. **The Kolmogorov-Smirnov Test of Goodnes of Fit.** *Journal of the American Statistical Association*, Washington 46: 68-78. 1951.

MELO, J. S. P. **Modelo versátil para estimar as probabilidades de dias chuvosos em intervalos mensais e alturas diárias de chuva,** Viçosa, MG, URV, Impr. Univ., 1989. 93p. (Tese Mestrado)

MOOD, A. M. ; GRAYBILL, F. A. e BOES, D. C. **Introduction to the Theory of Statistics.** Tokyo, McGraw-Hill, 3.ed., 1974. 564p.

PEREIRA, N.S.C. **Regressão periódica aplicada a dados pluviometricos mensais do município de Grajaú- MA.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 66p. (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica).

PIMENTEL G. F. **Iniciação à Estatística, 3ª. edição.** São Paulo: Livraria Nobel S. A., 1971. 205p.

PINTO, F.A. **Chuvas intensas do Estado de Minas Gerais: Análises e modelos.** Viçosa: UFV, 1995. 97p. (Tese de Doutorado)

PORTO, E.R.; HANCOCK, J.K.; BARROS, L.C.G. **Análise das estimativas de chuvas para Santana do Ipanema e Palmeiras das Índias, AL, através da distribuição gama e da média.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 9, Campina Grande, 1979. *Anais...* Campina Grande, UFPb, 1980, v.2,p.52-57.

SAS INSTITUTE, INC. **SAS user's guide statistics.** 6.ed. SAS Institute, Inc. Cary, N.C., 1982.

SANTOS, J.W. **Estudo das precipitações pluviais mensais no município de Bananeiras - PB, através de regressão periódica.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1984. 66p. (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica).

SCOLFORO, J. R. S. **Crescimento e produção florestal.** Parte 2. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995. 243p.

SEDYAMA, G. C.; CHANCELLOR, W. J.; BURKHARDT, T. H.; GOSS, J. R. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. *Revista Ceres*, Viçosa, v.25, n. 141, p455-66, 1978.

SIVAKUMAR, M. V. K. Climate change and implications for agriculture in Niger. *Climática Chance*, 20:297-312, 1992.

STERN, R. D. Analysis of daily rainfall at Samaru, Nigéria, using a simple two-part model. *Archiv. Fur Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie, Serie B*, 28:123-35, 1980.

STERN, R. D.; COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. *Agricultural meteorology*, v. 26, p. 35-50, 1982.

THOM, H. C. S. A Note on the Gamma Distribution. *Monthly Weaeher Review*, 86 (4): 117-122. 1958.

THOM, H. C. S. Some methods of climatological analysis. Geneve, Wourd Meteorological Organization, 1966. 53p. (Technical noten 81)

VILLELA, S. M. & MATTOS, A . *Hidrologia aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VIVALDI, L. J. Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos. Piracicaba, 1973. 77p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.

WEAVER, C. R. & MILLER, M. A precipitation probability computer program. Ohio: Agricultural research and Development Center. 1967. 10p.

WILKEN, P. S. *Engenharia de drenagem superficial*. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 487p.

WOLF, J. M. Probabilidades de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília, DF. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 12, p. 141-150, 1977.

1. The first part of the report deals with the general situation of the country and the results of the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the general situation and the second one with the results of the survey.

2. The second part of the report deals with the results of the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the results of the survey and the second one with the conclusions drawn from the survey.

3. The third part of the report deals with the conclusions drawn from the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the conclusions drawn from the survey and the second one with the recommendations made by the survey team.

4. The fourth part of the report deals with the recommendations made by the survey team. It is divided into two main sections: the first one deals with the recommendations made by the survey team and the second one with the conclusions drawn from the survey.

5. The fifth part of the report deals with the conclusions drawn from the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the conclusions drawn from the survey and the second one with the recommendations made by the survey team.

6. The sixth part of the report deals with the recommendations made by the survey team. It is divided into two main sections: the first one deals with the recommendations made by the survey team and the second one with the conclusions drawn from the survey.

7. The seventh part of the report deals with the conclusions drawn from the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the conclusions drawn from the survey and the second one with the recommendations made by the survey team.

8. The eighth part of the report deals with the recommendations made by the survey team. It is divided into two main sections: the first one deals with the recommendations made by the survey team and the second one with the conclusions drawn from the survey.

9. The ninth part of the report deals with the conclusions drawn from the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the conclusions drawn from the survey and the second one with the recommendations made by the survey team.

10. The tenth part of the report deals with the recommendations made by the survey team. It is divided into two main sections: the first one deals with the recommendations made by the survey team and the second one with the conclusions drawn from the survey.

11. The eleventh part of the report deals with the conclusions drawn from the survey conducted in 1977. It is divided into two main sections: the first one deals with the conclusions drawn from the survey and the second one with the recommendations made by the survey team.

1.7. Estimativa dos parâmetros (a) e (b) propostos de valores
níveis (c) coeficiente de assimetria (d) média (e) e variância
(f) das distribuições observadas, em função de (g) e (h) e
intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de
confiança obtidos em períodos de seis meses consecutivos.

1.8. Estimativa dos parâmetros (a) e (b) propostos de valores
níveis (c) coeficiente de assimetria (d) média (e) e variância
(f) das distribuições observadas, em função de (g) e (h) e
intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de
confiança obtidos em períodos de seis meses consecutivos.

Anexo A

1.9. Estimativa dos parâmetros (a) e (b) propostos de valores
níveis (c) coeficiente de assimetria (d) média (e) e variância
(f) das distribuições observadas, em função de (g) e (h) e
intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de
confiança obtidos em períodos de seis meses consecutivos.

1.10. Estimativa dos parâmetros (a) e (b) propostos de valores
níveis (c) coeficiente de assimetria (d) média (e) e variância
(f) das distribuições observadas, em função de (g) e (h) e
intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de
confiança obtidos em períodos de seis meses consecutivos.

1.11. Estimativa dos parâmetros (a) e (b) propostos de valores
níveis (c) coeficiente de assimetria (d) média (e) e variância
(f) das distribuições observadas, em função de (g) e (h) e
intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de
confiança obtidos em períodos de seis meses consecutivos.

1A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos em períodos diários para cada um dos meses.....	63
2A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de janeiro.....	64
3A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos nove períodos do mês de fevereiro.....	65
4A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de março.....	66
5A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de abril.....	67

6A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de maio.....	68
7A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de junho.....	69
8A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de julho.....	70
9A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de agosto.....	71
10A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de setembro.....	72
11A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de outubro.....	73

12A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de novembro.....74

13A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90 % de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de dezembro.....75

TABELA 1A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos em períodos diários para cada um dos meses.

Mês	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
Jan	0,5358	17,0345	0,4027	2,7323	9,1	155,4753	0,0039	0,7611	$\hat{\alpha} \pm 0,0065$	$\hat{\beta} \pm 1,2519$
Fev	0,5384	13,3981	0,4828	2,7257	7,2	96,6477	0,0042	0,6266	$\hat{\alpha} \pm 0,0070$	$\hat{\beta} \pm 1,0307$
Mar	0,5246	10,6059	0,5640	2,7613	5,6	59,0097	0,0035	0,4776	$\hat{\alpha} \pm 0,0058$	$\hat{\beta} \pm 0,7857$
Abr	0,6458	3,5756	0,7645	2,4887	2,3	8,2565	0,0106	0,1572	$\hat{\alpha} \pm 0,0174$	$\hat{\beta} \pm 0,2586$
Mai	0,7708	2,0566	0,8408	2,2780	1,6	3,2602	0,0221	0,0955	$\hat{\alpha} \pm 0,0363$	$\hat{\beta} \pm 0,1571$
Jun	1,6867	0,5189	0,9012	1,5400	0,9	0,4542	0,0718	0,0257	$\hat{\alpha} \pm 0,1180$	$\hat{\beta} \pm 0,0422$
Jul	6,2619	0,1042	0,9126	3,9081	0,7	0,0680	0,2784	0,0048	$\hat{\alpha} \pm 0,4580$	$\hat{\beta} \pm 0,0079$
Ago	3,8543	0,1824	0,9043	1,0188	0,7	0,1282	0,1688	0,0085	$\hat{\alpha} \pm 0,2776$	$\hat{\beta} \pm 0,0140$
Set	0,6151	4,0076	0,7785	2,5501	2,5	9,8790	0,0083	0,1761	$\hat{\alpha} \pm 0,0137$	$\hat{\beta} \pm 0,2596$
Out	0,5635	6,9618	0,6493	2,6643	3,9	27,3110	0,0052	0,3059	$\hat{\alpha} \pm 0,0085$	$\hat{\beta} \pm 0,5032$
Nov	0,5158	13,4266	0,5306	2,7848	6,9	92,9851	0,0033	0,6185	$\hat{\alpha} \pm 0,0053$	$\hat{\beta} \pm 1,0175$
Dez	0,5435	16,7743	0,4135	2,7159	9,1	152,9285	0,0043	0,7450	$\hat{\alpha} \pm 0,0070$	$\hat{\beta} \pm 1,2272$

TABELA 2A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de janeiro.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,6178	44,5983	0,1710	2,5445	27,6	1228,8094	0,0147	3,3020	$\hat{\alpha} \pm 0,0242$	$\hat{\beta} \pm 5,5811$
1 - 6	0,8369	65,8419	0,0710	2,1862	55,1	3628,0919	0,0686	7,9083	$\hat{\alpha} \pm 0,1128$	$\hat{\beta} \pm 13,0091$
1 - 9	1,3741	62,1412	0,0108	1,7062	85,4	5306,1266	0,1818	9,8913	$\hat{\alpha} \pm 0,2991$	$\hat{\beta} \pm 16,2713$
1 - 12	1,6307	70,1047	0	1,5662	114,3	8014,3507	0,2682	13,4728	$\hat{\alpha} \pm 0,4411$	$\hat{\beta} \pm 22,1628$
1 - 15	1,9883	69,2887	0	1,4184	137,8	9545,6771	0,3315	13,1301	$\hat{\alpha} \pm 0,5453$	$\hat{\beta} \pm 21,5990$
1 - 18	3,0818	54,3698	0	1,1393	167,6	9110,0324	0,7443	14,2609	$\hat{\alpha} \pm 1,2244$	$\hat{\beta} \pm 23,4591$
1 - 21	3,9444	48,6679	0	1,0070	192,0	9342,5658	0,9625	12,6653	$\hat{\alpha} \pm 1,5834$	$\hat{\beta} \pm 20,8344$
1 - 24	3,7255	61,3709	0	1,0362	228,6	14031,6761	0,9071	15,9969	$\hat{\alpha} \pm 1,4922$	$\hat{\beta} \pm 26,3149$
1 - 27	4,0962	62,5370	0	0,9882	256,2	16019,7318	1,0009	16,2581	$\hat{\alpha} \pm 1,6466$	$\hat{\beta} \pm 26,7446$
1 - 31	4,3271	65,3900	0	0,9615	282,9	18502,0396	1,0594	16,9763	$\hat{\alpha} \pm 1,7428$	$\hat{\beta} \pm 27,9260$

TABELA 3A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos nove períodos do mês de fevereiro.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC(α)	IC (β)
1 - 3	0,6159	35,1929	0,2115	2,5484	21,7	762,8169	0,0153	2,8226	$\hat{\alpha} \pm 0,0251$	$\hat{\beta} \pm 4,6432$
1 - 6	0,8111	54,3049	0,0968	2,2007	44,1	2391,9519	0,0686	7,1877	$\hat{\alpha} \pm 0,1162$	$\hat{\beta} \pm 11,824$
1 - 9	1,2590	51,6504	0,0215	1,7824	65,0	3358,7146	0,1650	8,2826	$\hat{\alpha} \pm 0,2714$	$\hat{\beta} \pm 13,6249$
1 - 12	1,5082	58,4260	0	1,6285	88,1	5148,3877	0,2465	11,2998	$\hat{\alpha} \pm 0,4055$	$\hat{\beta} \pm 18,5882$
1 - 15	1,7806	64,8902	0	1,4988	115,5	7497,6402	0,4167	17,5200	$\hat{\alpha} \pm 0,6855$	$\hat{\beta} \pm 28,8204$
1 - 18	1,7853	78,2397	0	1,4968	139,7	10928,6259	0,4179	21,1202	$\hat{\alpha} \pm 0,6875$	$\hat{\beta} \pm 34,7428$
1 - 21	2,1393	73,6752	0	1,3674	157,6	11612,1955	0,5067	19,6569	$\hat{\alpha} \pm 0,8336$	$\hat{\beta} \pm 32,3356$
1 - 24	2,6653	66,1202	0	1,2251	176,2	11652,3740	0,6392	17,4452	$\hat{\alpha} \pm 1,0514$	$\hat{\beta} \pm 28,6973$
1 - 28	3,3769	57,7717	0	1,0884	195,1	11270,6378	0,8189	15,1048	$\hat{\alpha} \pm 1,34708$	$\hat{\beta} \pm 24,8474$

TABELA 4A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de março.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,5217	31,6258	0,3129	2,7690	16,5	521,7998	0,0060	2,5132	$\hat{\alpha} \pm 0,0098$	$\hat{\beta} \pm 4,1343$
1 - 6	0,6986	47,2334	0,1290	2,3929	33,0	1558,5725	0,0371	5,1868	$\hat{\alpha} \pm 0,0611$	$\hat{\beta} \pm 8,5322$
1 - 9	0,9048	53,1135	0,0538	2,1026	50,8	2552,4805	0,1050	8,9364	$\hat{\alpha} \pm 0,1728$	$\hat{\beta} \pm 14,7004$
1 - 12	1,3701	50,0790	0,0161	1,7087	68,6	3436,0823	0,2220	9,7653	$\hat{\alpha} \pm 0,3652$	$\hat{\beta} \pm 16,0639$
1 - 15	1,6198	50,1291	0,0161	1,5714	81,2	4070,4386	0,2662	9,6390	$\hat{\alpha} \pm 0,4379$	$\hat{\beta} \pm 15,8562$
1 - 18	3,9309	26,6259	0	1,0088	104,7	2786,7665	0,9591	6,9297	$\hat{\alpha} \pm 1,5777$	$\hat{\beta} \pm 11,3994$
1 - 21	4,0073	31,0360	0	0,9991	124,4	3859,9648	0,9784	8,0733	$\hat{\alpha} \pm 1,6095$	$\hat{\beta} \pm 13,2806$
1 - 24	4,2154	32,5541	0	0,9741	137,2	4467,3520	1,0312	8,4571	$\hat{\alpha} \pm 1,6962$	$\hat{\beta} \pm 13,9119$
1 - 27	4,0730	37,3944	0	0,9910	152,3	5695,4435	0,9951	9,7231	$\hat{\alpha} \pm 1,6369$	$\hat{\beta} \pm 15,9945$
1 - 31	4,4874	38,4400	0	0,9441	172,5	6630,7330	1,1001	9,9709	$\hat{\alpha} \pm 1,8096$	$\hat{\beta} \pm 16,4022$

TABELA 5A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de abril.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,4879	14,1977	0,5452	2,8633	6,9	98,3483	0,0041	1,1607	$\hat{\alpha} \pm 0,0068$	$\hat{\beta} \pm 1,9093$
1 - 6	0,5258	26,3515	0,3226	2,7582	13,9	365,1163	0,0088	2,9224	$\hat{\alpha} \pm 0,0145$	$\hat{\beta} \pm 4,8567$
1 - 9	0,6031	36,0542	0,1935	2,5753	21,7	783,9729	0,0237	5,0187	$\hat{\alpha} \pm 0,0390$	$\hat{\beta} \pm 8,2558$
1 - 12	0,7762	38,6847	0,0968	2,2701	30,0	1161,5880	0,0874	7,0757	$\hat{\alpha} \pm 0,1437$	$\hat{\beta} \pm 11,6395$
1 - 15	0,9850	35,1634	0,0323	2,0152	34,6	1217,9177	0,1485	6,9531	$\hat{\alpha} \pm 0,2443$	$\hat{\beta} \pm 11,4379$
1 - 18	1,9738	27,2516	0	1,4236	53,8	1465,8420	0,4652	7,3065	$\hat{\alpha} \pm 0,7652$	$\hat{\beta} \pm 12,0193$
1 - 21	2,0372	28,4542	0	1,4012	58,0	1649,4017	0,4811	7,6139	$\hat{\alpha} \pm 0,7914$	$\hat{\beta} \pm 12,5249$
1 - 24	2,1880	27,4461	0	1,3521	60,1	1648,1950	0,5190	7,3133	$\hat{\alpha} \pm 0,8537$	$\hat{\beta} \pm 12,0304$
1 - 27	2,4265	26,8824	0	1,2839	65,2	1753,5428	0,5790	7,1240	$\hat{\alpha} \pm 0,9524$	$\hat{\beta} \pm 11,7189$
1 - 30	2,5502	27,1650	0	1,2524	69,3	1881,8875	0,6101	7,1816	$\hat{\alpha} \pm 1,0037$	$\hat{\beta} \pm 11,8137$

TABELA 6A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erro padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de maio.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,5056	8,9972	0,6516	3,9557	4,5	40,9281	0,0050	0,7242	$\hat{\alpha} \pm 0,0083$	$\hat{\beta} \pm 1,1914$
1 - 6	0,4874	18,6672	0,4516	2,8648	9,1	169,8415	0,0058	2,1593	$\hat{\alpha} \pm 0,0096$	$\hat{\beta} \pm 3,5520$
1 - 9	0,5219	23,8584	0,3333	2,7684	12,5	297,0776	0,0110	3,4609	$\hat{\alpha} \pm 0,0180$	$\hat{\beta} \pm 5,6932$
1 - 12	0,5567	32,3372	0,1774	2,6805	18,0	582,1381	0,0190	5,6141	$\hat{\alpha} \pm 0,0313$	$\hat{\beta} \pm 9,2352$
1 - 15	0,6346	35,8439	0,1290	2,5106	22,7	815,3247	0,0376	6,0960	$\hat{\alpha} \pm 0,0618$	$\hat{\beta} \pm 10,0279$
1 - 18	0,5320	48,0564	0,1290	2,7420	27,0	1228,6102	0,0283	11,7652	$\hat{\alpha} \pm 0,0466$	$\hat{\beta} \pm 19,3537$
1 - 21	0,6623	47,9276	0,0645	2,4576	31,7	1521,3394	0,0653	11,5852	$\hat{\alpha} \pm 0,1074$	$\hat{\beta} \pm 19,0577$
1 - 24	0,7451	48,3239	0,0323	2,3170	36,0	1739,9570	0,1073	12,2280	$\hat{\alpha} \pm 0,1765$	$\hat{\beta} \pm 20,1151$
1 - 27	0,7953	46,9724	0,0323	2,2427	37,4	1754,7550	0,1333	12,3091	$\hat{\alpha} \pm 0,2194$	$\hat{\beta} \pm 20,2485$
1 - 31	0,8665	57,0271	0,0323	2,1486	49,4	2817,9361	0,1665	15,5273	$\hat{\alpha} \pm 0,27386$	$\hat{\beta} \pm 25,5423$

TABELA 7A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de junho.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,5850	4,4933	0,7968	2,6149	2,6	11,8110	0,0111	0,3444	$\hat{\alpha} \pm 0,0182$	$\hat{\beta} \pm 0,5665$
1 - 6	0,4868	10,7991	0,6645	2,8665	5,3	56,7709	0,0058	1,2498	$\hat{\alpha} \pm 0,0095$	$\hat{\beta} \pm 2,0559$
1 - 9	0,4583	17,6142	0,5591	2,9543	8,1	142,1922	0,0054	2,7060	$\hat{\alpha} \pm 0,0088$	$\hat{\beta} \pm 4,4513$
1 - 12	0,4545	23,8153	0,4839	2,9666	10,8	257,7781	0,0063	4,4983	$\hat{\alpha} \pm 0,0103$	$\hat{\beta} \pm 7,3997$
1 - 15	0,4965	26,4714	0,3871	2,8384	13,1	347,9149	0,0102	4,8020	$\hat{\alpha} \pm 0,0168$	$\hat{\beta} \pm 7,8992$
1 - 18	0,4703	33,4447	0,3871	2,9164	15,7	526,0531	0,0107	8,7921	$\hat{\alpha} \pm 0,0176$	$\hat{\beta} \pm 14,4629$
1 - 21	0,4771	35,6533	0,3226	2,8955	17,0	606,4694	0,0116	9,3112	$\hat{\alpha} \pm 0,0191$	$\hat{\beta} \pm 15,3169$
1 - 24	0,4649	46,5651	0,3226	2,9333	21,6	1008,0466	0,0100	12,3070	$\hat{\alpha} \pm 0,0165$	$\hat{\beta} \pm 20,2450$
1 - 27	0,5147	47,0479	0,2258	2,7877	24,2	1139,2910	0,0176	11,8873	$\hat{\alpha} \pm 0,0289$	$\hat{\beta} \pm 19,5547$
1 - 30	0,6053	46,4260	0,1613	2,5707	26,3	1304,6476	0,0419	10,4651	$\hat{\alpha} \pm 0,0689$	$\hat{\beta} \pm 17,2151$

TABELA 8A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de julho.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,6531	3,0616	0,8226	2,4748	2,0	6,1218	0,0193	0,2335	$\hat{\alpha} \pm 0,0318$	$\hat{\beta} \pm 0,3841$
1 - 6	0,5033	7,9451	0,7097	2,8191	4,0	31,7706	0,0070	0,9062	$\hat{\alpha} \pm 0,0114$	$\hat{\beta} \pm 1,4907$
1 - 9	0,4683	13,3832	0,6237	2,9226	6,3	5,3602	0,0060	2,0352	$\hat{\alpha} \pm 0,0099$	$\hat{\beta} \pm 3,3479$
1 - 12	0,4753	19,1477	0,5161	2,9010	9,1	174,2613	0,0080	3,5419	$\hat{\alpha} \pm 0,0132$	$\hat{\beta} \pm 5,8264$
1 - 15	0,4836	20,6705	0,4516	2,8760	10,0	206,6276	0,0088	3,7937	$\hat{\alpha} \pm 0,0145$	$\hat{\beta} \pm 6,2406$
1 - 18	0,5389	19,9825	0,3871	2,7244	10,8	215,1829	0,0226	4,9603	$\hat{\alpha} \pm 0,0372$	$\hat{\beta} \pm 8,1597$
1 - 21	0,5158	29,7328	0,3226	2,7848	15,3	455,9875	0,0178	7,5061	$\hat{\alpha} \pm 0,0293$	$\hat{\beta} \pm 12,3475$
1 - 24	0,4998	36,4244	0,3226	2,8290	18,2	663,1031	0,0150	9,3181	$\hat{\alpha} \pm 0,0246$	$\hat{\beta} \pm 15,3283$
1 - 27	0,4991	37,6732	0,3226	2,8310	18,8	708,3577	0,0149	9,6429	$\hat{\alpha} \pm 0,0244$	$\hat{\beta} \pm 15,8625$
1 - 31	0,5162	39,1710	0,2581	2,7837	20,2	792,0404	0,0179	9,8856	$\hat{\alpha} \pm 0,0294$	$\hat{\beta} \pm 16,2618$

TABELA 9A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de agosto.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,6713	3,1370	0,7968	2,4410	2,1	6,6061	0,0220	0,2405	$\hat{\alpha} \pm 0,0362$	$\hat{\beta} \pm 0,3956$
1 - 6	0,5406	7,7906	0,6516	2,7201	4,2	32,8109	0,0103	0,8639	$\hat{\alpha} \pm 0,0169$	$\hat{\beta} \pm 1,4210$
1 - 9	0,5097	11,6542	0,5699	2,8014	5,9	69,2276	0,0096	1,7070	$\hat{\alpha} \pm 0,0158$	$\hat{\beta} \pm 2,8080$
1 - 12	0,4833	16,5341	0,5000	2,8769	8,0	132,1228	0,0088	3,0355	$\hat{\alpha} \pm 0,0145$	$\hat{\beta} \pm 4,9935$
1 - 15	0,4981	21,1407	0,4355	2,8338	10,5	222,6154	0,0104	3,8298	$\hat{\alpha} \pm 0,0171$	$\hat{\beta} \pm 6,3001$
1 - 18	0,4980	22,6271	0,4516	2,8341	11,3	254,9689	0,0147	5,7974	$\hat{\alpha} \pm 0,0241$	$\hat{\beta} \pm 9,5367$
1 - 21	0,5055	29,9249	0,3871	2,8130	15,1	452,6751	0,0159	7,6183	$\hat{\alpha} \pm 0,0262$	$\hat{\beta} \pm 12,5321$
1 - 24	0,5387	29,6650	0,3226	2,7249	16,0	474,0626	0,0226	7,3646	$\hat{\alpha} \pm 0,0371$	$\hat{\beta} \pm 12,1148$
1 - 27	0,5559	32,0578	0,2903	2,6825	17,8	571,2998	0,0267	7,8749	$\hat{\alpha} \pm 0,0439$	$\hat{\beta} \pm 12,9541$
1 - 31	0,5675	38,3810	0,2581	2,6549	21,9	835,9849	0,0298	9,3706	$\hat{\alpha} \pm 0,0491$	$\hat{\beta} \pm 15,4146$

TABELA 10A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de setembro.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,4606	17,6246	0,5581	2,9469	8,1	143,0746	0,0030	1,4705	$\hat{\alpha} \pm 0,0050$	$\hat{\beta} \pm 2,4338$
1 - 6	0,4913	30,1043	0,3935	2,8553	14,8	445,2499	0,0061	3,4700	$\hat{\alpha} \pm 0,0100$	$\hat{\beta} \pm 5,7081$
1 - 9	0,5142	40,8079	0,3118	2,7891	21,0	856,2894	0,0100	5,9556	$\hat{\alpha} \pm 0,0166$	$\hat{\beta} \pm 9,7969$
1 - 12	0,5508	47,9410	0,2419	2,6948	26,4	1265,9254	0,0180	8,3514	$\hat{\alpha} \pm 0,0296$	$\hat{\beta} \pm 13,7381$
1 - 15	0,6664	55,4872	0,1613	2,4500	37,0	2051,7319	0,0475	9,4962	$\hat{\alpha} \pm 0,0782$	$\hat{\beta} \pm 15,6212$
1 - 18	0,5403	70,8574	0,1935	2,7209	38,3	2712,7226	0,0229	17,5724	$\hat{\alpha} \pm 0,0377$	$\hat{\beta} \pm 28,9066$
1 - 21	0,6808	66,8077	0,1290	2,4239	45,5	3038,5934	0,0741	16,2600	$\hat{\alpha} \pm 0,1219$	$\hat{\beta} \pm 26,7477$
1 - 24	0,6979	75,6768	0,1290	2,3941	52,8	3997,9038	0,0827	18,5752	$\hat{\alpha} \pm 0,1360$	$\hat{\beta} \pm 30,5562$
1 - 27	1,0261	61,3442	0,0323	1,9744	62,9	3861,3281	0,2227	17,1924	$\hat{\alpha} \pm 0,3664$	$\hat{\beta} \pm 28,2816$
1 - 30	1,3627	54,2720	0,0323	1,7133	74,0	4013,7647	0,3121	14,9735	$\hat{\alpha} \pm 0,5134$	$\hat{\beta} \pm 24,6313$

TABELA 11A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de outubro.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	\hat{Q}	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,5400	21,9502	0,3710	2,7217	11,9	260,1781	0,0072	1,7217	$\hat{\alpha} \pm 0,0119$	$\hat{\beta} \pm 2,8322$
1 - 6	0,6921	34,2550	0,1742	2,4041	23,7	812,1136	0,0357	3,7486	$\hat{\alpha} \pm 0,0586$	$\hat{\beta} \pm 6,1664$
1 - 9	0,9335	36,2173	0,0753	2,0700	33,8	1224,4652	0,1112	5,8068	$\hat{\alpha} \pm 0,1829$	$\hat{\beta} \pm 9,5521$
1 - 12	1,3269	35,3849	0,0161	1,7362	47,0	1661,3997	0,2143	6,9190	$\hat{\alpha} \pm 0,3525$	$\hat{\beta} \pm 11,3818$
1 - 15	1,9093	31,0412	0	1,4474	59,3	1839,7177	0,3175	5,8977	$\hat{\alpha} \pm 0,5223$	$\hat{\beta} \pm 9,7017$
1 - 18	1,7921	38,0540	0	1,4940	68,2	2595,1524	0,1196	10,2696	$\hat{\alpha} \pm 0,6903$	$\hat{\beta} \pm 16,8935$
1 - 21	2,1789	38,2329	0	1,3549	83,3	3185,0172	0,5167	10,1900	$\hat{\alpha} \pm 0,8500$	$\hat{\beta} \pm 16,7625$
1 - 24	3,1370	29,9353	0	1,1292	93,9	2811,1353	0,7583	7,8468	$\hat{\alpha} \pm 1,2473$	$\hat{\beta} \pm 12,9079$
1 - 27	3,6745	27,6038	0	1,0434	101,4	2799,8579	0,8942	7,1981	$\hat{\alpha} \pm 1,4709$	$\hat{\beta} \pm 11,8409$
1 - 31	5,5973	21,7240	0	0,8454	121,6	2641,5460	1,3814	5,6094	$\hat{\alpha} \pm 2,2724$	$\hat{\beta} \pm 9,2274$

TABELA 12A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de novembro.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,5876	35,3968	0,2581	2,6091	20,8	736,2237	0,0113	2,7103	$\hat{\alpha} \pm 0,0187$	$\hat{\beta} \pm 4,4584$
1 - 6	0,7993	52,0401	0,1226	2,2370	41,6	2164,6419	0,0605	6,1145	$\hat{\alpha} \pm 0,0996$	$\hat{\beta} \pm 10,0583$
1 - 9	1,2345	50,7338	0,0538	1,8000	62,6	3177,5023	0,1314	8,1484	$\hat{\alpha} \pm 0,2654$	$\hat{\beta} \pm 13,4041$
1 - 12	1,5012	55,6585	0,0323	1,6323	83,6	4650,5204	0,2453	10,7687	$\hat{\alpha} \pm 0,4035$	$\hat{\beta} \pm 17,7146$
1 - 15	2,8464	36,5330	0	1,1854	104,0	3798,9765	0,4843	6,7967	$\hat{\alpha} \pm 0,7966$	$\hat{\beta} \pm 11,1806$
1 - 18	3,6836	31,9130	0	1,0421	117,6	3751,5240	0,8965	8,3212	$\hat{\alpha} \pm 1,4747$	$\hat{\beta} \pm 13,6884$
1 - 21	4,4337	32,8821	0	0,9498	145,8	4793,8605	1,0865	8,5317	$\hat{\alpha} \pm 1,7872$	$\hat{\beta} \pm 14,0347$
1 - 24	4,5754	36,5245	0	0,9350	167,1	6103,7625	1,1223	9,4699	$\hat{\alpha} \pm 1,8463$	$\hat{\beta} \pm 15,5779$
1 - 27	4,9067	38,2922	0	0,9029	187,9	7194,6578	1,2063	9,9130	$\hat{\alpha} \pm 1,9844$	$\hat{\beta} \pm 16,3069$
1 - 30	6,2570	33,2630	0	0,7996	208,1	6922,9148	1,5488	8,5728	$\hat{\alpha} \pm 2,5477$	$\hat{\beta} \pm 14,1022$

TABELA 13A. Estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (γ), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos nos dez períodos do mês de dezembro.

Per.	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$	Q	$\hat{\gamma}$	\hat{m}	S^2	$S(\hat{\alpha})$	$S(\hat{\beta})$	IC (α)	IC (β)
1 - 3	0,6747	40,6021	0,1839	2,4349	27,4	1112,2635	0,0225	3,1170	$\hat{\alpha} \pm 0,0370$	$\hat{\beta} \pm 5,1275$
1 - 6	1,1708	46,7977	0,0452	1,8484	54,8	2564,0809	0,1176	5,8443	$\hat{\alpha} \pm 0,1934$	$\hat{\beta} \pm 9,6139$
1 - 9	1,4357	57,7906	0,0323	1,6692	83,0	4794,8840	0,1908	9,1641	$\hat{\alpha} \pm 0,3138$	$\hat{\beta} \pm 15,0850$
1 - 12	2,6014	39,9018	0	1,2400	103,8	4141,8285	0,4406	7,4523	$\hat{\alpha} \pm 0,7247$	$\hat{\beta} \pm 12,2591$
1 - 15	3,6086	37,9570	0	1,0528	137,0	5476,5840	0,6205	7,0027	$\hat{\alpha} \pm 1,0207$	$\hat{\beta} \pm 11,5194$
1 - 18	4,4010	31,1888	0	0,9534	137,3	4281,0342	1,0782	8,0938	$\hat{\alpha} \pm 1,7736$	$\hat{\beta} \pm 13,3143$
1 - 21	5,1322	31,4471	0	0,8828	161,4	5075,3357	1,2635	8,1335	$\hat{\alpha} \pm 2,0784$	$\hat{\beta} \pm 13,3795$
1 - 24	5,7445	36,1387	0	0,8345	207,6	7502,3494	1,4188	9,3272	$\hat{\alpha} \pm 2,3338$	$\hat{\beta} \pm 15,3433$
1 - 27	6,6370	37,5036	0	0,7763	248,9	9335,0733	1,6452	9,6570	$\hat{\alpha} \pm 2,7063$	$\hat{\beta} \pm 15,8858$
1 - 31	6,8419	42,1830	0	0,7646	288,6	12174,5144	1,6972	10,8572	$\hat{\alpha} \pm 2,7918$	$\hat{\beta} \pm 17,8600$

... (b) ... (c) ... (d) ... (e) ... (f) ... (g) ... (h) ... (i) ... (j) ... (k) ... (l) ... (m) ... (n) ... (o) ... (p) ... (q) ... (r) ... (s) ... (t) ... (u) ... (v) ... (w) ... (x) ... (y) ... (z) ...

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)
1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000
3000000	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000	3000000
4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000	4000000
5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	5000000
6000000	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000	6000000
7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000
8000000	8000000	8000000	8000000	8000000	8000000	8000000	8000000	8000000	8000000	8000000
9000000	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000	9000000
10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000	10000000

Anexo B

1B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos diários para todos os meses.....	78
2B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de janeiro e fevereiro.....	79
3B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de março e abril.....	80
4B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de maio e junho.....	81
5B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de julho e agosto.....	82
6B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de setembro e outubro.....	83
7B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de novembro e dezembro.....	84

TABELA 1B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para períodos diários para todos os meses.

Meses	χ^2	G.L	Conclusão	Meses	χ^2	G.L	Conclusão
Jan.	55,11	3	*	Jul.	-	-	*
Fev.	63,08	3	*	Ago.	1666,22	1	*
Mar.	127,25	2	*	Set.	899,53	2	*
Abr.	846,25	2	*	Out.	121,68	2	*
Mai.	56,43	2	*	Nov.	49,07	4	*
Jun.	339,34	2	*	Dez.	16,35	3	*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

- valor não calculado devido ao número de classes ser inferior a quatro.

TABELA 2B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de janeiro e fevereiro.

Janeiro				Fevereiro			
Período	χ^2	G.L	Conclusão	Período	χ^2	G.L	Conclusão
1 - 3	4,25	2	n.s.	1 - 3	2,96	3	n.s.
1 - 6	3,95	1	*	1 - 6	2,60	1	n.s.
1 - 9	2,35	2	n.s.	1 - 9	3,59	1	n.s.
1 - 12	1,27	1	n.s.	1 - 12	2,83	2	n.s.
1 - 15	1,54	2	n.s.	1 - 15	1,39	1	n.s.
1 - 18	0,97	2	n.s.	1 - 18	0,23	2	n.s.
1 - 21	4,98	1	*	1 - 21	0,79	2	n.s.
1 - 24	3,23	2	n.s.	1 - 24	2,91	2	n.s.
1 - 27	0,36	1	n.s.	1 - 28	2,13	2	n.s.
1 - 31	4,31	1	*				

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de março e abril.

Março				Abril			
Período	χ^2	G.L	Conclusão	Período	χ^2	G.L	Conclusão
1 - 3	5,25	3	n.s.	1 - 3	16,96	2	*
1 - 6	1,87	3	n.s.	1 - 6	3,72	1	n.s.
1 - 9	3,69	3	n.s.	1 - 9	2,55	2	n.s.
1 - 12	2,98	3	n.s.	1 - 12	0,93	2	n.s.
1 - 15	1,97	3	n.s.	1 - 15	1,30	2	n.s.
1 - 18	8,31	1	*	1 - 18	0,28	1	n.s.
1 - 21	7,80	1	*	1 - 21	1,20	1	n.s.
1 - 24	2,12	2	n.s.	1 - 24	0,23	1	n.s.
1 - 27	3,58	2	n.s.	1 - 27	0,38	2	n.s.
1 - 31	2,60	1	n.s.	1 - 30	1,64	2	n.s.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de maio e junho.

Maio				Junho			
Período	χ^2	G.L	Conclusão	Período	χ^2	G.L	Conclusão
1 - 3	37,60	2	*	1 - 3	217,16	1	*
1 - 6	7,75	1	*	1 - 6	12,50	1	*
1 - 9	11,00	1	*	1 - 9	9,91	1	*
1 - 12	2,20	1	n.s.	1 - 12	4,07	1	*
1 - 15	4,32	1	*	1 - 15	3,90	2	n.s.
1 - 18	5,50	1	*	1 - 18	2,87	1	n.s.
1 - 21	0,31	1	n.s.	1 - 21	3,56	1	n.s.
1 - 24	1,62	1	n.s.	1 - 24	7,13	1	*
1 - 27	2,40	2	n.s.	1 - 27	1,80	1	n.s.
1 - 31	0,28	1	n.s.	1 - 30	1,92	1	n.s.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de julho e agosto.

Julho				Agosto			
Período	χ^2	G.L	Conclusão	Período	χ^2	G.L	Conclusão
1 - 3	237,58	1	*	1 - 3	267,28	1	*
1 - 6	25,59	1	*	1 - 6	19,97	1	*
1 - 9	14,05	1	*	1 - 9	5,42	1	*
1 - 12	7,16	1	*	1 - 12	5,62	1	*
1 - 15	4,31	1	*	1 - 15	1,09	1	n.s.
1 - 18	2,03	1	n.s.	1 - 18	2,77	1	n.s.
1 - 21	3,56	1	n.s.	1 - 21	1,15	1	n.s.
1 - 24	5,32	1	*	1 - 24	2,37	1	n.s.
1 - 27	4,52	1	*	1 - 27	0,45	1	n.s.
1 - 31	4,27	1	*	1 - 31	2,18	1	n.s.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de setembro e outubro.

Setembro				Outubro			
Período	χ^2	G.L	Conclusão	Período	χ^2	G.L	Conclusão
1 - 3	13,24	3	*	1 - 3	4,83	2	n.s.
1 - 6	1,53	2	n.s.	1 - 6	2,24	1	n.s.
1 - 9	0,98	2	n.s.	1 - 9	1,92	1	n.s.
1 - 12	2,33	2	n.s.	1 - 12	1,13	2	n.s.
1 - 15	3,36	1	n.s.	1 - 15	2,43	2	n.s.
1 - 18	1,61	1	n.s.	1 - 18	1,14	2	n.s.
1 - 21	2,94	1	n.s.	1 - 21	1,41	1	n.s.
1 - 24	1,96	1	n.s.	1 - 24	1,37	1	n.s.
1 - 27	2,80	1	n.s.	1 - 27	0,25	1	n.s.
1 - 30	5,02	1	*	1 - 31	1,92	1	n.s.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7B. Valores de χ^2 obtidos no teste de ajustamento para os períodos dos meses de novembro e dezembro.

Novembro				Dezembro			
Período	χ^2	G.L	Conclusão	Período	χ^2	G.L	Conclusão
1 - 3	6,50	3	*	1 - 3	9,40	3	*
1 - 6	4,86	1	*	1 - 6	1,66	2	n.s.
1 - 9	2,32	2	n.s.	1 - 9	2,63	3	n.s.
1 - 12	5,65	1	*	1 - 12	2,76	3	n.s.
1 - 15	1,60	2	n.s.	1 - 15	2,53	3	n.s.
1 - 18	3,30	1	n.s.	1 - 18	2,15	2	n.s.
1 - 21	0,29	2	n.s.	1 - 21	1,15	2	n.s.
1 - 24	6,07	2	*	1 - 24	0,30	1	n.s.
1 - 27	1,96	1	n.s.	1 - 27	0,81	1	n.s.
1 - 30	2,34	2	n.s.	1 - 31	4,29	2	n.s.

* significativo ao nível de 5% de probabilidade;

n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

10. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

10

11. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

11

12. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

12

Anexo C

13. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

13

14. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

14

15. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

15

16. El presente documento tiene por objeto proporcionar información sobre el funcionamiento de la...

16

1C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas diárias, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados e dos meses do ano, para o município de Lavras-MG.....	88
2C. Estimativas da precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de janeiro, para o município de Lavras-MG.	89
3C. Estimativas da precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos nove períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de fevereiro, para o município de Lavras-MG.	90
4C. Estimativas da precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de março, para o município de Lavras-MG.	91
5C. Estimativas da precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de abril, para o município de Lavras-MG.	92
6C. Estimativas da precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de maio, para o município de Lavras-MG.	93
7C. Estimativas da precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de junho, para o município de Lavras-MG.	94

8C. Estimativas da precipitações pluviais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de julho, para o município de Lavras-MG.	95
9C. Estimativas da precipitações pluviais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de agosto, para o município de Lavras-MG.	96
10C. Estimativas da precipitações pluviais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de setembro, para o município de Lavras-MG.	97
11C. Estimativas da precipitações pluviais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de outubro, para o município de Lavras-MG.	98
12C. Estimativas da precipitações pluviais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de novembro, para o município de Lavras-MG.	99
13C. Estimativas da precipitações pluviais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de dezembro, para o município de Lavras-MG.	100

TABELA 1C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas diárias, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados e dos meses do ano, para o município de Lavras-MG.

Prob	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,12	0,29	0,23	0,03	0,03	0,03	0,05
0,10	0,19	0,15	0,11	0,09	0,10	0,20	0,35	0,30	0,08	0,10	0,12	0,20
0,15	0,40	0,32	0,23	0,17	0,17	0,26	0,39	0,35	0,16	0,20	0,27	0,42
0,20	0,69	0,56	0,40	0,26	0,25	0,32	0,43	0,40	0,25	0,34	0,48	0,72
0,25	1,07	0,85	0,62	0,38	0,34	0,38	0,46	0,44	0,37	0,51	0,75	1,10
0,30	1,53	1,22	0,90	0,51	0,44	0,44	0,49	0,48	0,51	0,71	1,09	1,56
0,35	2,08	1,65	1,23	0,67	0,56	0,51	0,53	0,52	0,67	0,96	1,50	2,12
0,40	2,73	2,17	1,62	0,84	0,68	0,57	0,56	0,56	0,86	1,25	1,98	2,78
0,45	3,50	2,78	2,09	1,05	0,82	0,64	0,59	0,60	1,07	1,58	2,56	3,55
0,50	4,40	3,49	2,64	1,28	0,98	0,71	0,62	0,64	1,32	1,97	3,24	4,45
0,55	5,46	4,33	3,28	1,54	1,16	0,79	0,65	0,69	1,60	2,43	4,04	5,51
0,60	6,71	5,32	4,05	1,85	1,36	0,87	0,68	0,73	1,94	2,96	4,99	6,75
0,65	8,20	6,49	4,96	2,21	1,60	0,96	0,72	0,78	2,32	3,59	6,13	8,23
0,70	9,99	7,91	6,06	2,64	1,87	1,07	0,76	0,84	2,79	4,35	7,51	10,02
0,75	12,21	9,65	7,42	3,15	2,20	1,19	0,80	0,90	3,35	5,28	9,21	12,22
0,80	15,02	11,88	9,15	3,80	2,61	1,34	0,86	0,97	4,06	6,46	11,39	15,01
0,85	18,80	14,85	11,48	4,66	3,14	1,52	0,92	1,06	5,01	8,04	14,32	18,76
0,90	24,33	19,21	14,90	5,91	3,91	1,77	1,00	1,18	6,38	10,35	18,62	24,23
0,95	34,20	26,99	21,01	8,09	5,23	2,19	1,13	1,38	8,79	14,44	26,31	33,99

TABELA 2C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de janeiro, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,29	1,73	8,61	15,31	24,30	46,75	64,93	74,22	88,95	101,93
0,10	0,91	4,05	14,86	24,59	36,43	62,66	83,11	95,93	113,14	128,53
0,15	1,77	6,71	20,74	32,92	46,85	75,40	97,27	112,94	131,92	149,07
0,20	2,87	9,69	26,55	40,91	56,58	86,77	109,68	127,90	148,33	166,96
0,25	4,19	12,99	32,42	48,82	66,01	97,44	121,17	141,80	163,50	183,46
0,30	5,75	16,63	38,45	56,82	75,39	107,78	132,18	155,15	178,02	199,21
0,35	7,56	20,63	44,72	65,01	84,89	118,02	142,98	168,27	192,24	214,61
0,40	9,65	25,03	51,30	73,53	94,64	128,33	153,77	181,41	206,43	229,96
0,45	12,04	29,90	58,30	82,48	104,79	138,88	164,73	194,76	220,83	245,50
0,50	14,80	35,32	65,80	91,99	115,48	149,83	176,01	208,54	235,65	261,48
0,55	17,98	41,39	73,94	102,22	126,89	161,33	187,81	222,96	251,11	278,13
0,60	21,67	48,26	82,88	113,38	139,24	173,62	200,32	238,28	267,51	295,77
0,65	26,01	56,13	92,85	125,74	152,81	186,96	213,83	254,83	285,19	314,77
0,70	31,17	65,31	104,19	139,70	168,04	201,73	228,69	273,08	304,64	335,64
0,75	37,47	76,27	117,41	155,86	185,55	218,51	245,49	293,71	326,59	359,17
0,80	45,41	89,82	133,36	175,24	206,40	238,23	265,11	317,86	352,22	386,60
0,85	55,93	107,45	153,64	199,71	232,54	262,63	289,23	347,59	383,69	420,26
0,90	71,19	132,54	181,79	233,44	268,30	295,54	321,53	387,45	425,80	465,21
0,95	98,11	175,89	229,10	289,65	327,28	348,94	373,50	451,71	493,44	537,30

TABELA 3C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos nove períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de fevereiro, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 28
0,05	0,23	1,26	5,56	10,43	17,59	21,35	30,40	43,05	58,72
0,10	0,71	3,01	10,01	17,28	27,36	33,17	44,58	59,58	77,28
0,15	1,38	5,07	14,32	23,56	35,95	43,56	56,59	73,09	91,98
0,20	2,24	7,40	18,64	29,66	44,08	53,40	67,70	85,29	105,00
0,25	3,28	10,00	23,07	35,75	52,06	63,04	78,41	96,86	117,17
0,30	4,50	12,87	27,66	41,95	60,06	72,70	89,01	108,16	128,90
0,35	5,92	16,05	32,47	48,34	68,21	85,56	99,69	119,41	140,47
0,40	7,56	19,56	37,56	55,02	76,64	92,73	110,31	130,81	152,09
0,45	9,45	23,46	42,99	62,07	85,45	103,38	121,95	142,54	163,94
0,50	11,62	27,81	48,85	69,59	94,78	114,65	133,85	154,75	176,21
0,55	14,12	32,69	55,23	77,71	104,77	126,72	146,51	167,65	189,07
0,60	17,03	38,23	62,28	86,59	115,64	139,84	160,19	181,48	202,78
0,65	20,44	44,60	70,17	96,47	127,63	154,32	175,18	196,55	217,60
0,70	24,51	52,03	79,18	107,65	141,13	170,62	191,96	213,31	234,00
0,75	29,47	60,93	89,72	120,64	156,72	189,44	211,22	232,41	252,59
0,80	35,73	71,95	102,48	136,25	175,34	211,92	234,09	254,95	274,37
0,85	44,02	86,30	118,76	156,03	198,78	240,21	262,70	282,96	301,27
0,90	56,04	106,77	141,46	183,37	230,99	279,08	301,74	320,90	337,44
0,95	77,27	142,20	179,77	229,12	284,14	343,59	366,02	382,81	395,95

TABELA 4C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de março, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,08	0,57	2,00	6,88	10,76	35,32	42,54	48,59	52,68	63,62
0,10	0,31	1,55	4,40	11,89	17,33	45,23	54,30	61,52	67,07	79,78
0,15	0,67	2,82	7,06	16,61	23,24	52,95	63,45	71,53	78,25	92,21
0,20	1,18	4,34	9,96	21,28	28,91	59,72	71,46	80,26	88,02	103,02
0,25	1,83	6,10	13,12	25,99	34,53	65,99	78,87	88,32	97,05	112,97
0,30	2,64	8,11	16,55	30,84	40,21	72,00	85,97	96,03	105,70	122,46
0,35	3,62	10,39	20,27	35,88	46,04	77,90	92,93	103,57	114,17	131,72
0,40	4,78	12,97	24,34	41,18	52,10	83,79	99,88	111,09	122,63	140,95
0,45	6,16	15,88	28,81	46,80	58,46	89,77	106,93	118,71	131,21	150,28
0,50	7,79	19,18	33,74	52,83	65,24	95,94	114,19	126,54	140,04	159,86
0,55	9,70	22,94	39,23	59,38	72,52	102,38	121,78	134,72	149,26	169,85
0,60	11,96	27,25	45,41	66,57	80,47	109,21	129,83	143,39	159,04	180,41
0,65	14,67	32,26	52,46	74,59	89,28	116,59	138,51	152,72	169,58	191,78
0,70	17,94	38,17	60,64	83,72	99,22	124,71	148,06	162,98	181,18	204,27
0,75	21,98	45,32	70,37	94,36	110,75	133,88	158,84	174,56	194,27	218,33
0,80	27,14	54,24	82,33	107,20	124,56	144,60	171,44	188,06	209,56	234,71
0,85	34,07	65,99	97,84	123,52	142,01	157,78	186,92	204,64	228,33	254,79
0,90	44,24	82,87	119,81	146,18	166,07	175,43	207,65	226,80	253,46	281,58
0,95	62,43	112,39	157,59	184,28	206,18	203,82	240,97	262,36	293,83	324,50

TABELA 5C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de abril, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 30
0,05	0,02	0,07	0,21	0,75	1,71	9,40	10,54	11,89	14,49	16,20
0,10	0,10	0,27	0,67	1,85	3,55	14,13	15,68	17,33	20,52	22,66
0,15	0,23	0,58	1,32	3,18	5,50	18,19	20,08	21,91	25,52	27,97
0,20	0,42	1,01	2,15	4,71	7,59	21,99	24,17	26,14	30,08	32,79
0,25	0,67	1,56	3,17	6,43	9,81	25,67	28,13	30,21	34,44	37,38
0,30	0,98	2,25	4,38	8,36	12,20	29,34	32,06	34,23	38,71	41,86
0,35	1,37	3,07	5,79	10,50	14,76	33,06	36,04	38,28	42,99	46,34
0,40	1,85	4,57	7,43	12,89	17,53	36,87	40,11	42,41	47,34	50,89
0,45	2,41	5,22	9,31	15,55	20,55	40,84	44,35	46,70	51,83	55,57
0,50	3,08	6,58	11,48	18,52	23,86	45,03	48,81	51,19	56,52	60,46
0,55	3,88	8,19	14,00	21,88	27,53	49,50	53,56	55,97	61,49	65,63
0,60	4,83	10,09	16,92	25,70	31,63	54,33	58,70	61,13	66,84	71,18
0,65	5,99	12,35	20,37	30,11	36,28	59,65	64,35	66,78	72,68	77,23
0,70	7,39	15,09	24,48	35,27	41,66	65,62	70,67	73,10	79,19	83,97
0,75	9,13	18,48	29,50	41,46	48,02	72,48	77,95	80,55	86,63	91,66
0,80	11,36	22,80	35,84	49,15	55,81	80,66	86,60	88,95	95,44	100,75
0,85	14,38	28,59	44,26	59,19	65,87	90,91	97,44	99,71	106,41	112,06
0,90	18,84	37,09	56,49	73,54	80,05	104,04	112,25	114,37	121,31	127,40
0,95	26,84	52,28	78,10	98,47	104,32	128,12	136,70	138,10	145,73	152,47

TABELA 6C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de maio, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,02	0,03	0,06	0,12	0,27	0,19	0,45	0,78	1,00	1,72
0,10	0,08	0,13	0,23	0,42	0,81	0,66	1,29	2,01	2,44	3,91
0,15	0,17	0,30	0,51	0,88	1,56	1,36	2,41	3,52	4,15	6,39
0,20	0,30	0,55	0,89	1,50	2,50	2,30	3,79	5,29	6,09	9,14
0,25	0,47	0,87	1,38	2,27	3,62	3,47	5,41	7,30	8,26	12,15
0,30	0,69	1,29	1,99	3,21	4,93	4,89	7,29	9,57	10,68	15,45
0,35	0,95	1,80	2,73	4,33	6,44	6,57	9,44	12,11	13,36	19,05
0,40	1,27	2,42	3,61	5,64	8,18	8,55	11,89	14,95	16,34	23,01
0,45	1,64	3,16	4,65	7,17	10,16	10,85	14,68	18,14	19,65	27,37
0,50	2,09	4,05	5,88	8,96	12,44	13,54	17,85	21,73	23,34	32,20
0,55	2,62	5,10	7,32	11,05	15,06	16,67	21,49	25,78	27,50	37,60
0,60	3,24	6,35	9,03	13,50	18,09	20,34	25,69	30,41	32,22	43,70
0,65	3,99	7,86	11,07	16,41	21,65	24,70	30,59	35,77	37,66	50,67
0,70	4,90	9,70	13,54	19,90	25,87	29,93	36,39	42,06	44,02	58,78
0,75	6,03	11,99	16,59	24,20	31,01	36,35	43,43	49,63	51,63	68,45
0,80	7,47	14,92	20,49	29,66	37,47	44,51	52,26	59,05	61,07	80,37
0,85	9,42	18,89	25,71	36,95	46,03	55,39	63,90	71,38	73,39	95,86
0,90	12,28	24,75	33,39	47,61	58,41	71,27	80,72	89,06	90,97	117,85
0,95	17,41	35,27	47,11	66,55	80,21	99,50	110,22	119,83	121,44	155,78

TABELA 7C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de junho, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 30
0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,04	0,05	0,06	0,11	0,26
0,10	0,07	0,08	0,09	0,12	0,20	0,19	0,22	0,25	0,43	0,81
0,15	0,15	0,17	0,22	0,28	0,46	0,46	0,52	0,61	0,95	1,61
0,20	0,24	0,31	0,41	0,54	0,83	0,86	0,96	1,14	1,67	2,62
0,25	0,36	0,50	0,67	0,89	1,31	1,39	1,56	1,87	2,61	3,86
0,30	0,51	0,74	1,02	1,34	1,93	2,08	2,32	2,80	3,79	5,33
0,35	0,67	1,04	1,45	1,91	2,68	2,94	3,25	3,97	5,21	7,03
0,40	0,87	1,40	1,97	2,62	3,58	3,99	4,40	5,40	6,91	9,01
0,45	1,10	1,82	2,61	3,47	4,66	5,25	5,77	7,13	8,92	11,29
0,50	1,36	2,34	3,39	4,50	5,94	6,76	7,41	9,21	11,30	13,92
0,55	1,66	2,94	4,31	5,74	7,46	8,57	9,38	11,70	14,10	16,96
0,60	2,02	3,67	5,43	7,24	9,27	10,75	11,72	14,69	17,43	20,49
0,65	2,44	4,54	6,78	9,05	11,45	13,37	14,55	18,30	21,41	24,65
0,70	2,94	5,60	8,44	11,28	14,09	16,58	18,01	22,74	26,23	29,62
0,75	3,56	6,93	10,51	14,07	17,37	20,59	22,32	28,27	32,19	35,68
0,80	4,33	8,62	13,19	17,68	21,58	25,75	27,87	35,42	39,82	43,33
0,85	5,37	10,92	16,83	22,58	27,25	32,74	35,37	45,10	50,06	53,48
0,90	6,88	14,30	22,23	29,85	35,61	43,09	46,46	59,44	66,12	68,23
0,95	9,55	20,39	31,98	43,01	50,61	61,75	66,44	85,34	92,07	94,29

TABELA 8C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de julho, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,07	0,07	0,07	0,09
0,10	0,08	0,06	0,08	0,12	0,14	0,23	0,27	0,29	0,29	0,36
0,15	0,15	0,15	,18	0,18	0,32	0,48	0,60	0,65	0,67	0,80
0,20	0,23	0,26	0,34	0,51	0,59	0,83	1,06	1,17	1,20	1,41
0,25	0,33	0,41	0,55	0,83	0,94	1,18	1,66	1,84	1,90	2,20
0,30	0,45	0,60	0,82	1,23	1,40	1,82	2,41	2,70	2,78	3,18
0,35	0,59	0,83	1,16	1,73	1,95	2,47	3,31	3,75	3,86	4,37
0,40	0,74	1,11	1,58	2,34	2,63	3,25	4,39	5,00	5,16	5,79
0,45	0,91	1,44	2,08	3,08	3,44	4,16	5,66	6,50	6,71	7,47
0,50	1,11	1,83	2,68	3,85	4,41	5,22	7,17	8,28	8,54	9,46
0,55	1,34	2,29	3,41	5,00	5,57	6,47	8,95	10,38	10,72	11,80
0,60	0,61	2,84	4,27	6,26	6,95	7,94	11,05	12,89	13,31	14,58
0,65	0,92	3,50	5,32	7,77	8,61	9,69	13,57	15,90	16,41	19,90
0,70	2,29	4,30	6,60	9,63	10,63	11,81	16,62	19,55	20,19	21,92
0,75	2,73	5,30	8,20	11,94	13,15	14,41	20,40	24,09	24,87	26,89
0,80	3,29	6,57	10,26	14,91	16,39	17,73	25,22	29,90	30,88	33,25
0,85	4,03	8,28	13,05	18,93	20,77	22,17	31,70	37,72	38,97	41,79
0,90	5,10	10,80	17,19	25,88	27,23	28,68	41,22	49,25	50,89	54,34
0,95	6,98	15,32	24,64	35,60	38,86	40,27	58,26	69,94	72,28	76,79

TABELA 9C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de agosto, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,12	0,16
0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,16	0,18	0,25	0,33	0,42	0,55
0,15	0,16	0,19	0,23	0,26	0,37	0,40	0,56	0,71	0,87	1,13
0,20	0,26	0,33	0,40	0,47	0,67	0,72	1,00	1,23	1,48	1,89
0,25	0,37	0,50	0,63	0,75	1,06	1,13	1,57	1,89	2,24	2,85
0,30	0,49	0,72	0,91	1,11	1,55	1,66	2,29	2,70	3,17	4,00
0,35	0,64	0,97	1,26	1,56	2,16	2,31	3,17	3,67	4,27	5,37
0,40	0,80	1,27	1,67	2,10	2,88	3,08	4,22	4,82	5,57	6,97
0,45	0,98	1,63	2,17	2,75	3,75	4,01	5,47	6,17	7,09	8,83
0,50	1,19	2,05	2,75	3,52	4,77	5,11	6,95	7,75	8,85	11,00
0,55	1,44	2,54	3,44	4,45	5,99	6,41	8,70	9,60	10,92	13,52
0,60	1,71	3,11	4,25	5,55	7,44	7,96	10,78	11,78	13,35	16,48
0,65	2,04	3,80	5,23	6,88	9,18	9,82	13,27	14,38	16,23	19,98
0,70	2,42	4,62	6,42	8,50	11,30	12,09	16,30	17,52	19,69	24,19
0,75	2,88	5,64	7,89	10,51	13,92	14,90	20,05	21,39	23,95	29,35
0,80	3,47	6,93	9,76	13,10	17,29	18,50	24,85	26,32	29,36	35,89
0,85	4,23	8,67	12,29	16,60	21,83	23,36	31,32	32,90	36,58	44,62
0,90	5,34	11,21	16,01	21,77	28,51	30,51	40,83	42,55	47,14	57,35
0,95	7,28	15,73	22,66	31,07	40,50	43,35	57,88	59,78	65,91	79,96

TABELA 10C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de setembro, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 30
0,05	0,02	0,05	0,10	0,17	0,53	0,22	0,71	0,91	3,44	7,35
0,10	0,09	0,22	0,37	0,60	1,53	0,81	2,00	2,48	6,95	12,73
0,15	0,22	0,50	0,82	1,26	2,85	1,73	3,68	4,51	10,62	17,80
0,20	0,42	0,91	1,45	2,15	4,46	2,97	5,71	6,93	14,49	22,82
0,25	0,69	1,45	2,26	3,26	6,36	4,56	8,09	9,75	18,58	27,90
0,30	1,03	2,13	3,27	4,63	8,56	6,50	10,82	12,97	22,95	33,13
0,35	1,47	2,96	4,51	6,25	11,07	8,83	13,94	16,62	27,62	38,56
0,40	2,00	3,98	5,98	8,17	13,93	11,58	17,47	20,75	32,65	44,28
0,45	2,64	5,18	7,72	10,41	17,18	14,81	21,48	25,41	38,11	50,35
0,50	3,42	6,62	9,78	13,03	20,88	18,60	26,03	30,69	44,07	56,86
0,55	4,35	8,33	12,21	16,10	25,11	23,04	31,23	36,70	50,66	63,93
0,60	5,47	10,37	15,09	19,69	30,00	28,27	37,20	43,06	58,00	81,70
0,65	6,83	12,82	18,54	23,97	35,69	31,50	44,16	51,62	66,32	80,37
0,70	8,50	15,80	22,72	29,12	42,44	42,01	52,40	61,09	75,91	90,23
0,75	10,58	19,51	27,89	35,45	50,61	51,26	62,36	72,53	87,24	101,73
0,80	13,27	24,27	34,50	43,50	60,86	63,04	74,83	86,83	101,09	115,61
0,85	16,92	30,69	43,38	54,26	74,38	78,81	91,25	105,63	118,92	133,26
0,90	22,33	40,16	56,44	70,00	93,89	101,89	114,92	132,68	144,02	157,78
0,95	32,10	57,17	79,80	97,99	128,11	143,05	156,38	179,97	186,86	198,99

TABELA 11C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de outubro, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,07	0,40	1,45	4,44	9,92	10,48	16,42	26,60	32,59	51,05
0,10	0,25	1,09	3,12	7,79	15,07	16,26	23,95	35,52	42,23	62,11
0,15	0,53	1,99	4,95	10,98	19,53	21,34	30,31	42,65	49,79	70,46
0,20	0,92	3,06	6,92	14,14	23,71	26,14	36,18	49,00	56,44	77,63
0,25	1,41	4,32	9,05	17,36	27,78	30,84	41,82	54,96	62,63	84,18
0,30	2,01	5,76	11,35	20,68	31,85	35,56	47,40	60,73	68,58	90,37
0,35	2,73	7,39	13,84	24,14	35,97	40,37	53,02	66,43	74,43	96,38
0,40	3,58	9,24	16,55	27,78	40,21	45,33	58,77	72,18	80,28	102,33
0,45	4,58	11,33	19,51	31,66	44,64	50,52	64,72	78,05	86,24	108,32
0,50	5,75	13,70	22,78	35,83	49,30	56,02	70,97	84,14	92,39	114,43
0,55	7,13	16,41	26,41	40,36	54,29	61,90	77,61	90,54	98,83	120,78
0,60	8,75	19,51	30,48	45,34	59,70	68,30	84,78	97,37	105,67	127,47
0,65	10,68	23,12	35,12	50,91	65,65	75,36	92,64	104,78	113,06	134,63
0,70	13,00	27,38	40,49	57,25	72,34	83,30	101,42	112,98	121,22	142,46
0,75	15,87	32,54	46,87	64,66	80,01	92,47	111,50	122,29	130,44	151,24
0,80	19,52	38,98	54,71	73,60	89,22	103,42	123,46	133,23	141,24	161,43
0,85	24,40	47,46	64,84	84,99	100,74	117,20	138,42	146,76	154,54	173,85
0,90	31,55	59,67	79,18	100,82	116,54	136,13	158,81	165,00	172,37	190,34
0,95	44,30	81,03	103,79	127,48	142,67	167,54	192,36	194,58	201,14	216,58

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
 DE LAVRAS - IPELAV

TABELA 12C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de novembro, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,18	1,14	5,15	9,81	27,03	37,84	53,35	62,39	73,21	92,58
0,10	0,59	2,75	9,36	16,29	36,85	49,01	67,03	78,02	90,63	111,13
0,15	1,18	4,66	13,47	22,24	44,80	57,77	77,56	90,02	103,93	125,02
0,20	1,95	6,83	17,61	28,02	51,94	65,48	86,73	100,44	115,43	136,90
0,25	2,90	9,26	21,86	33,79	58,68	72,65	95,17	110,02	125,98	147,69
0,30	4,03	11,96	26,28	39,67	65,24	79,53	103,22	119,15	136,01	157,86
0,35	5,36	14,95	30,92	45,74	71,75	86,31	111,08	128,07	146,77	167,71
0,40	6,91	18,26	35,83	52,08	78,33	93,09	118,92	136,94	155,47	177,43
0,45	8,70	21,94	41,09	58,77	85,08	99,99	126,85	145,90	165,26	187,20
0,50	10,78	26,06	46,76	65,91	92,10	107,11	134,99	155,11	175,29	197,15
0,55	13,19	30,68	52,95	73,63	99,50	114,56	143,48	164,70	185,72	207,45
0,60	16,00	35,93	59,79	82,07	107,41	122,48	152,46	174,84	196,74	218,28
0,65	19,31	41,97	67,45	91,45	116,02	131,04	162,13	185,74	208,57	229,97
0,70	23,28	49,04	76,21	102,08	125,57	140,48	172,74	197,71	221,55	242,50
0,75	28,14	57,50	86,46	114,42	136,45	151,15	184,70	211,19	236,13	256,65
0,80	34,28	67,98	98,89	129,27	149,26	163,64	198,65	226,89	253,09	273,02
0,85	42,45	81,65	114,76	148,07	165,14	179,03	215,74	246,11	273,84	292,94
0,90	54,35	101,16	136,90	174,08	186,62	199,67	238,55	271,77	301,46	319,32
0,95	75,41	134,98	174,31	217,60	221,57	232,96	275,11	312,83	345,58	361,14

TABELA 13C. Estimativas das precipitações pluviiais prováveis acumuladas dos dez períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados do mês de dezembro, para o município de Lavras-MG.

Prob	1 - 3	1 - 6	1 - 9	1 - 12	1 - 15	1 - 18	1 - 21	1 - 24	1 - 27	1 - 31
0,05	0,42	4,04	9,04	24,76	43,41	49,99	64,57	88,38	113,95	134,03
0,10	1,17	7,55	15,29	34,46	56,43	62,88	79,44	107,17	135,87	159,28
0,15	2,17	11,04	21,11	42,42	66,67	72,81	90,75	121,34	152,23	178,09
0,20	3,38	14,60	26,80	49,63	75,69	81,45	100,51	133,49	166,17	194,11
0,25	4,80	18,28	32,52	56,48	84,09	89,42	109,44	144,57	178,81	208,61
0,30	6,44	22,14	38,37	63,17	92,17	97,02	117,92	155,05	190,72	222,26
0,35	8,31	26,21	44,44	69,84	100,11	104,44	126,17	165,20	202,22	235,43
0,40	10,44	30,54	50,79	76,61	108,08	11,84	134,35	175,25	213,56	248,42
0,45	12,85	35,18	57,51	83,58	116,18	119,33	142,60	185,36	224,94	261,43
0,50	15,59	40,21	64,70	90,84	124,55	127,02	151,04	195,68	236,53	274,68
0,55	18,72	45,72	72,48	98,52	133,31	135,04	159,82	206,39	248,51	288,37
0,60	22,33	51,82	81,02	106,76	142,63	143,52	169,07	217,65	261,09	302,74
0,65	26,53	58,68	90,52	115,74	152,71	152,66	179,01	229,72	274,53	318,08
0,70	31,51	66,54	101,31	125,74	163,82	162,69	189,89	242,91	289,18	334,80
0,75	37,53	75,76	113,86	137,14	176,40	174,00	202,11	257,69	305,56	353,48
0,80	45,08	86,96	128,98	150,60	191,13	187,18	216,32	274,83	324,50	375,06
0,85	55,02	101,29	148,17	167,34	209,28	203,35	233,67	295,72	347,52	401,29
0,90	69,36	121,34	174,75	190,04	233,65	224,93	256,75	323,43	377,96	435,94
0,95	94,49	155,31	219,33	227,10	272,96	259,51	293,57	367,49	426,15	490,75

101 102

103 104

105 106

107 108

109 110

Anexo D

111 112

113 114

115 116

117 118

119 120

121 122

123 124

1D. Histograma dos dados diários de precipitação pluvial, em milímetros de 1966 a 1996.....	104
2D. Curva ajustada aos dados diários de precipitação pluvial em milímetros de 1966 a 1996.....	104
3D. Histograma dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de abril.....	105
4D. Curva ajustada aos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de abril.....	105
5D. Histograma dos dados mensais de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de outubro.....	106
6D. Curva ajustada aos dados mensais de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de outubro.....	106
7D. Histograma dos dados diários de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de novembro.....	107
8D. Curva ajustada aos dados diários de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de novembro.....	107
9D. Histograma dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de novembro.....	108
10D. Curva ajustada aos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de novembro.....	108
11D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para os meses de abril e maio em função dos anos (1966 a 1996).....	109

12D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para os meses de outubro e novembro e função dos anos (1966 a 1996).....	109
13D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, de 1966 a 1996, em função dos meses.....	110
14D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, em função dos anos(1966 a 1996).....	110

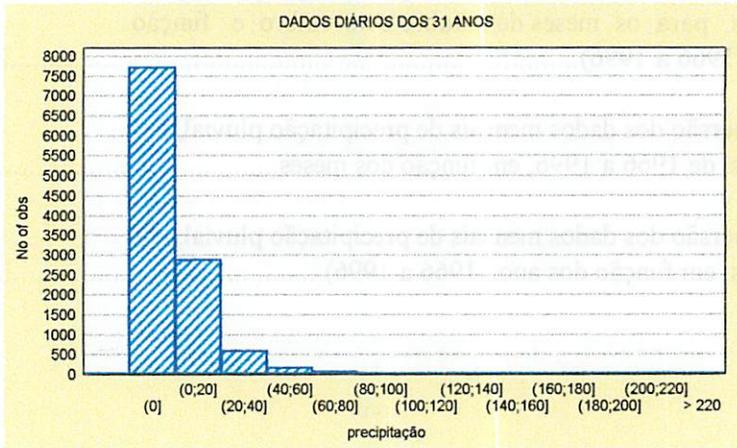


FIGURA 1D. Histograma dos dados diários de precipitação pluvial em milímetros de 1966 a 1996.

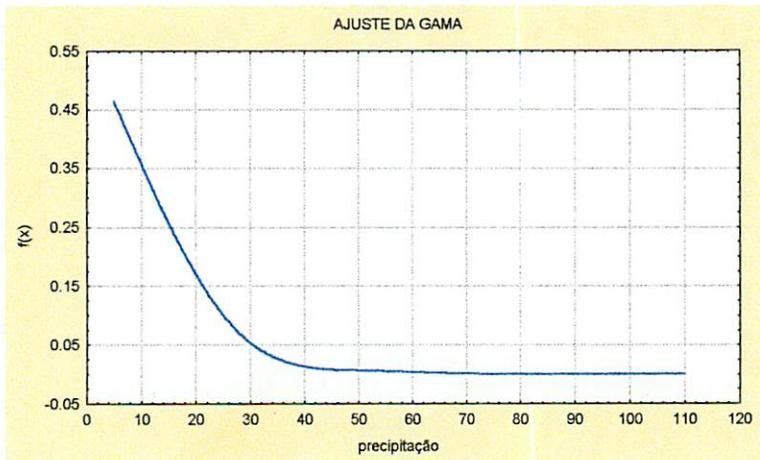


FIGURA 2D. Curva ajustada aos dados diários de precipitação pluvial em milímetros de 1966 a 1996.

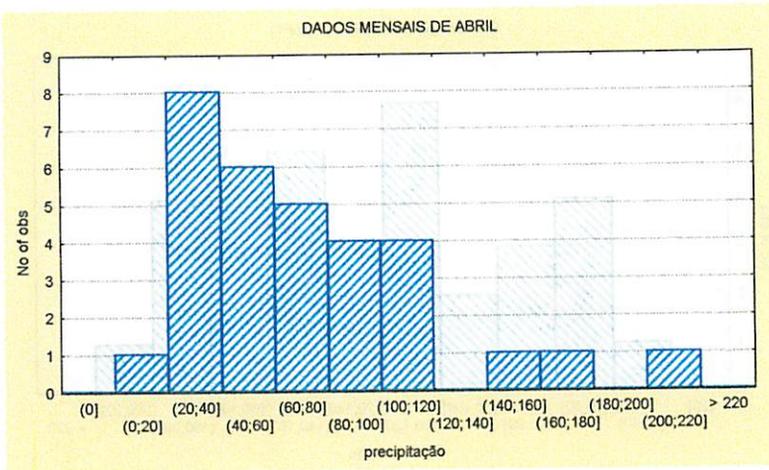


FIGURA 3D. Histograma dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de abril.

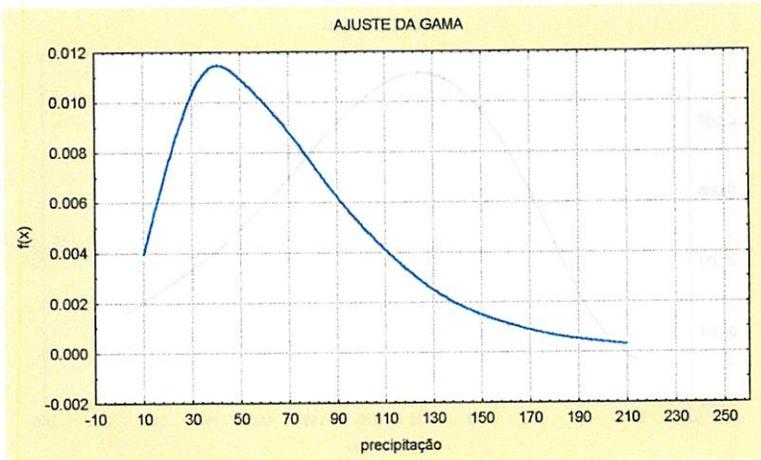


FIGURA 4D. Curva ajustada aos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de abril.

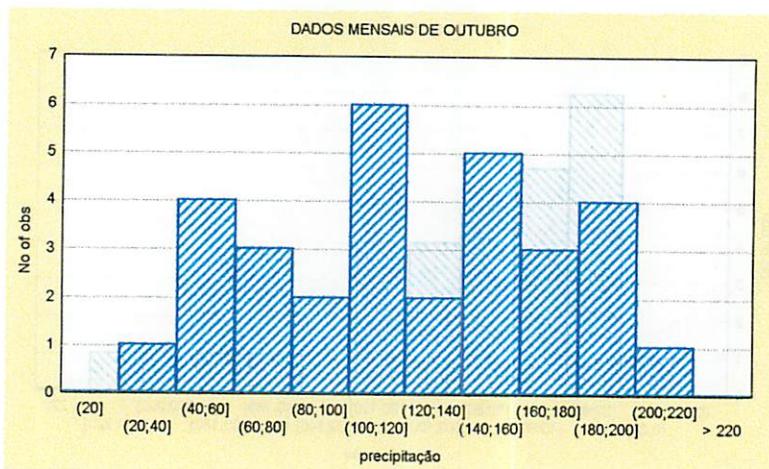


FIGURA 5D. Histograma dos dados mensais de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de outubro.

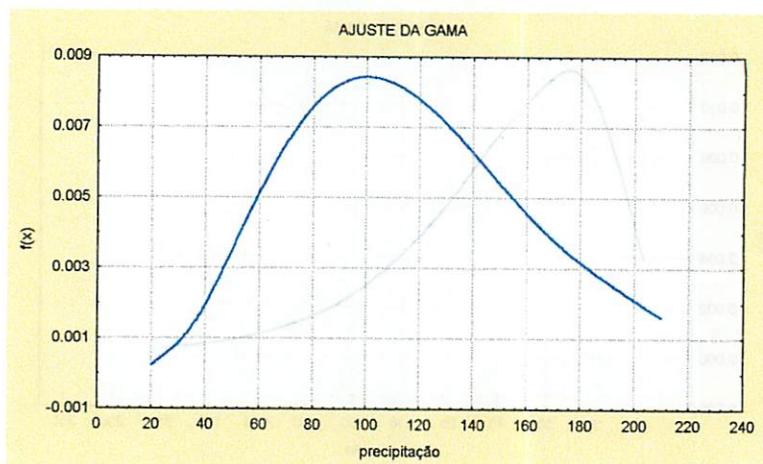


FIGURA 6D. Curva ajustada aos dados mensais de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de outubro.

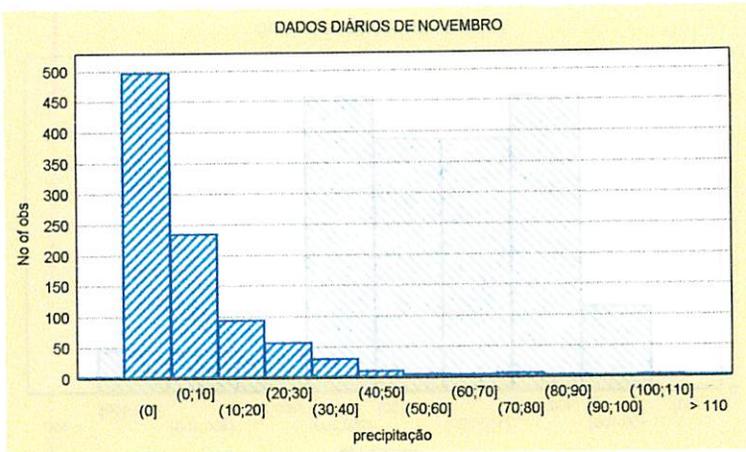


FIGURA 7D. Histograma dos dados diários de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de novembro.

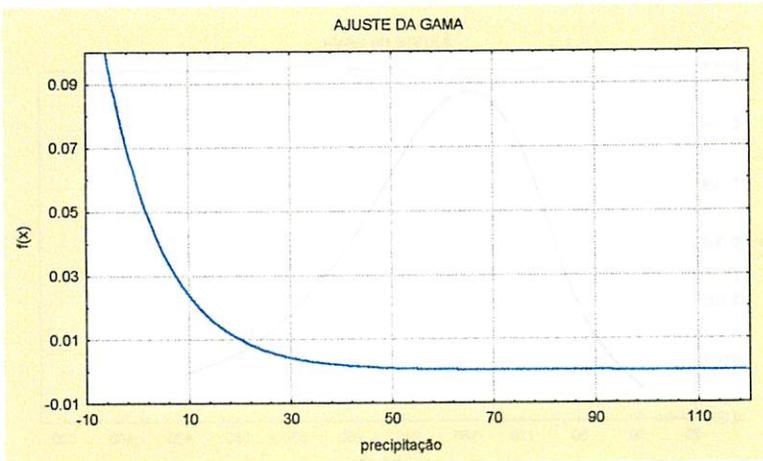


FIGURA 8D. Curva ajustada aos dados diários de precipitação pluvial em milímetros, para o mês de novembro.

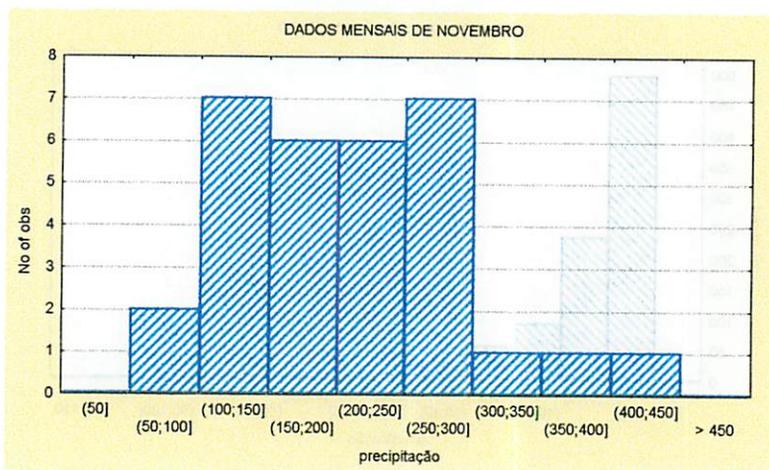


FIGURA 9D. Histograma dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de novembro.

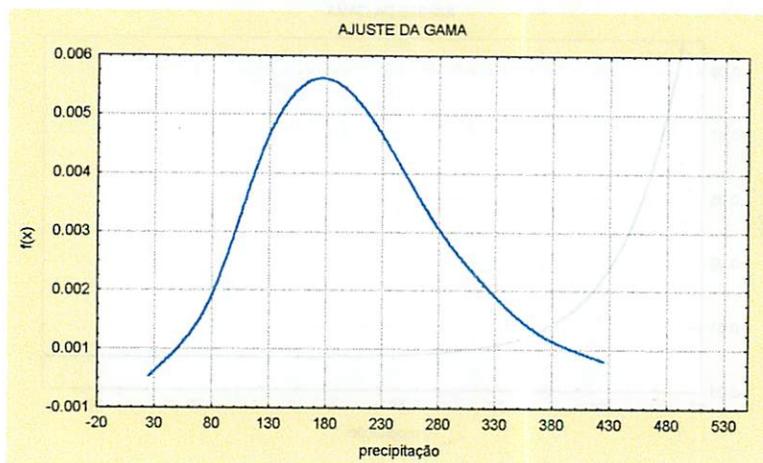


FIGURA 10D. Curva ajustada aos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para o mês de novembro.

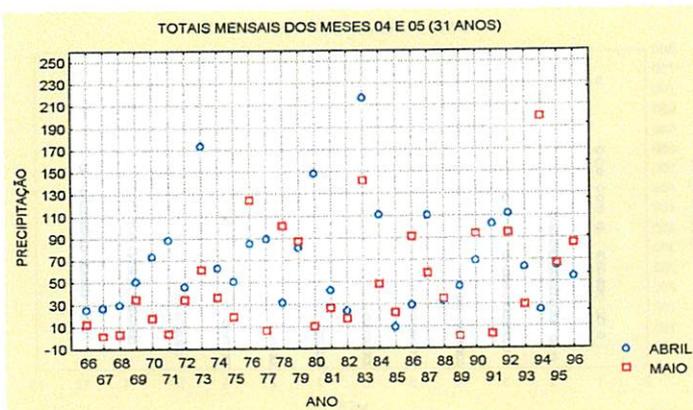


FIGURA 11D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para os meses de abril e maio em função dos anos (1966 a 1996)

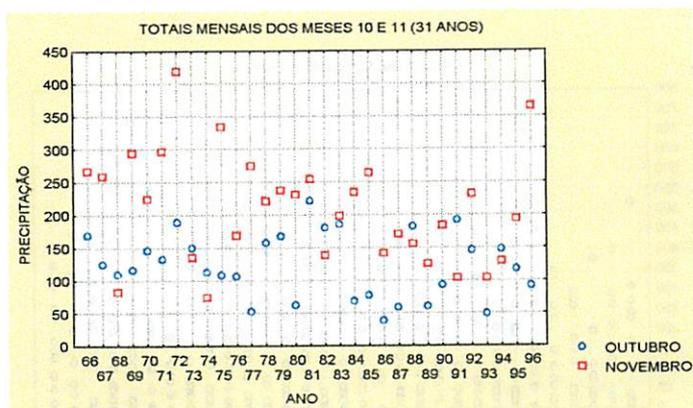


FIGURA 12D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, para os meses de outubro e novembro em função dos anos (1966 a 1996)

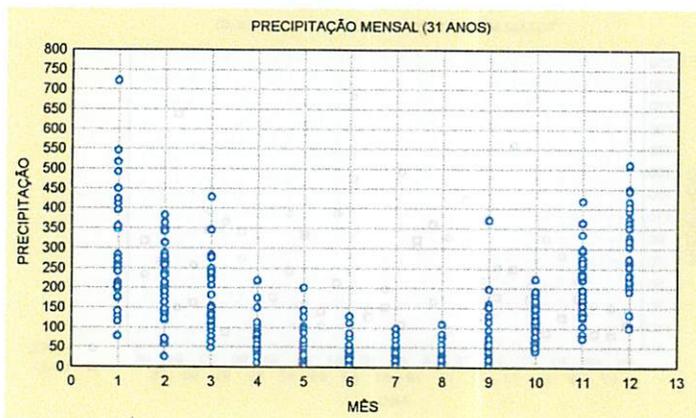


FIGURA 13D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, de 1966 a 1996, em função dos meses.

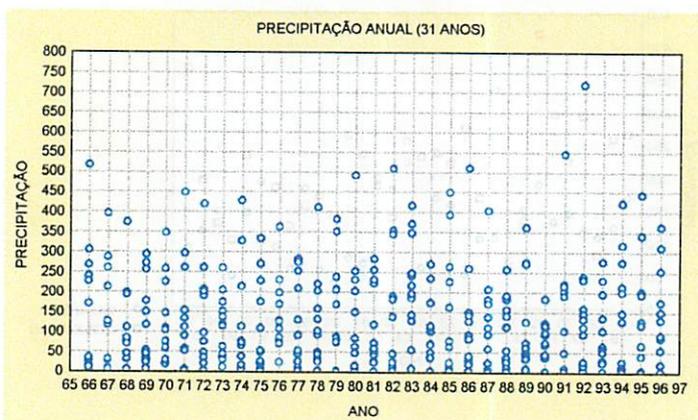


FIGURA 14D. Dispersão dos dados mensais de precipitação pluvial, em milímetros, em função dos anos (1966 a 1996).

1. (a) The first part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee. The names are listed in alphabetical order. The addresses are listed in the order in which they were received.

(b) The second part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee. The names are listed in alphabetical order. The addresses are listed in the order in which they were received.

(c) The third part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee. The names are listed in alphabetical order. The addresses are listed in the order in which they were received.

Anexo E

1E. Cálculo das estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (a_3), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, erros padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos em todos os períodos.....	113
2E. Cálculo das estimativas das precipitações pluviais prováveis de todos os períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados e dos meses do ano, para o município de Lavras-MG.....	115
3E. Montagem das classes de frequência para se aplicar o teste de χ^2 para todos os períodos	118

PROGRAMA 1E. Ajuste de Distribuição Gama

Cálculo das estimativas dos parâmetros (α e β), proporção de valores nulos (Q), coeficiente de assimetria (a_3), média (\hat{m}) e variância (S^2) das precipitações observadas, desvios padrão de $\hat{\alpha}$ e de $\hat{\beta}$ e intervalos de confiança dos parâmetros ao nível de 90% de confiança, obtidos em todos os períodos.

```
options ps = 55 nodate nonumber;

data valeria;
ny0 = 0;
infile 'c:\valeria\vall.pm';
input dia mes ano pp;
pplog = log(pp + .5);
if pp eq 0 then ny0 = ny0 + 1;

title1 'Ajuste de Distribuição Gama';
title2 'Valeria # Out/97';
title3 'Ajuste mensal';

proc format ;
value fnty 0      = " 0"
          0.01-1500 = " maior 0"
;

proc freq data = valeria;
table pp*mes / norow nocol;
format pp fnty. ;

*proc print data = valeria ( obs = 200 );

proc sort data = valeria;
by mes;
```

```

proc univariate noprint;
  var pp plog;
  output out = c
    N = npp npplog SKENWNESS = asspp asspplog
    MEAN = medpp medpplog SUM = somapp somapplog
  by mes;
  data calc;
    set c;
    a = log(medpp) - somapp/opp;
    alfa = (1 + sqrt(1 + 4*a/3))/(4*a);
    beta = medpp/alfa;
    psi = 1/alfa + 1/(2*(alfa**2)) + 1/(6*(alfa**3)) -
      1/(30*(alfa**5)) +
      1/(42*(alfa**7)) - 1/(30*(alfa**9)) +
      5/(66*(alfa**11));
    v_alfa = alfa/opp*(alfa*psi - 1);
    v_beta = (beta**2)*psi/opp*(alfa*psi - 1);
    s_alfa = sqrt(alfa/opp*(alfa*psi - 1));
    s_beta = sqrt(beta**2*psi/opp*(alfa*psi - 1));
    cov = -beta/opp*(alfa*psi - 1);
    ica1 = alfa - 1.645*sqrt(v_alfa);
    ica2 = alfa + 1.645*sqrt(v_alfa);
    icb1 = beta - 1.645*sqrt(v_beta);
    icb2 = beta + 1.645*sqrt(v_beta);
    multa = 1.645*(s_alfa);
    multb = 1.645*(s_beta);
  proc print data = calc;
    var alfa beta asspp medpp varpp s_alfa s_beta multa multb;
run;

```

PROGRAMA 2E. Ajuste de Distribuição Gama

Cálculo das estimativas das precipitações pluviiais prováveis de todos os períodos, em mm, obtidas através da distribuição gama em função dos níveis de probabilidades fixados e de todos os meses do ano.

```

options ps = 55 nodate nonumber;
data valeria;
infile 'c:\valeria\val1.prm';
input dia mes ano pp;
pplog = log(pp + .5);
proc sort data = valeria;
by mes;
proc univariate noprint;
var pp plog;
output out = c
N = npp npplog SKEWNESS = asspp asspplog
MEAN = medpp medpplog SUM = somapp somapplog;
by mes;
data calc;
set c;
a = log(medpp) - somapplo/pp;
alfa = (1 + sqrt(1 + 4*a/3))/(4*a);
g_alfa = gamma(alfa);
beta = medpp/alfa;
psi = 1/alfa + 1/(2*(alfa**2)) + 1/(6*(alfa**3)) -
1/(30*(alfa**5)) +
1/(42*(alfa**7)) - 1/(30*(alfa**9)) +
5/(66*(alfa**11));
;
```

```

v_alfa = alfa/(npp*(alfa*psi - 1));
v_beta = (beta**2)*psi/(npp*(alfa*psi - 1));
cov = -beta/(npp*(alfa*psi - 1));
ica1 = alfa - 1.64*sqrt(v_alfa);
ica2 = alfa + 1.64*sqrt(v_alfa);
icb1 = beta - 1.64*sqrt(v_beta);
icb2 = beta + 1.64*sqrt(v_beta);

```

```

data _null_;
  set calc;
  file 'c:\valeria\calc.txt';
  put mes 3. alfa 10.5 beta 10.5 g_alfa 10.5;

```

```

data calc;
  infile 'c:\valeria\calc.txt';
  input mes 3. alfa 10.5 beta 10.5 g_alfa 10.5;
  do x = 5 to 100 by 5 ;
    t = x/beta;
    texp = exp(t);
    coef = (t**alfa)/(alfa*g_alfa*texp);
    Ft = coef*(1 + t/(alfa+1) + (t**2)/((alfa+1)*(alfa+2)) +
      (t**3)/((alfa+1)*(alfa+2)*(alfa+3)) +
      (t**4)/((alfa+1)*(alfa+2)*(alfa+3)*(alfa+4))); ;
    Pt = 1 - Ft;
  output calc;
  end;

```

```

data tabinv;
  infile 'c:\valeria\calc.txt';
  input mes 3. alfa 10.5 beta 10.5 g_alfa 10.5;
  do prob = 0.05 to 0.95 by 0.05;
    xinv = gaminv(prob,alfa);
    xis = xinv*beta;
  output tabinv;
  end;

```

```

proc print data = calc;
  title1 'Ajuste de Distribuição Gama';
  title2 'Valeria # Out/97';
  title3 'Dados diarios - Ajuste mensal';

```

```
var mes x Ft Pt;
```

```
proc print data = tabinv;  
title1 'Ajuste de Distribuição Gama';  
title2 'Valeria # Out/97';  
title3 'Dados diários - Ajuste mensal';  
var mes prob xinv xis ;
```

```
run; quit;
```

PROGRAMA 3E. Ajuste de Distribuição Gama

Montagem das classes de frequência para se aplicar o teste de χ^2 para todos os períodos.

```
options ps = 550 nodate nonumber;
proc format;
  value ppf 0 -< 1.0 = "Clas. 01"    1.0 -< 5.0 = "Clas. 02"
           5.0 -< 10.0 = "Clas. 03" 10.0 -< 15.0 = "Clas. 04"
           15.0 -< 20.0 = "Clas. 05" 20.0 -< 25.0 = "Clas. 06"
           25.0 -< 30.0 = "Clas. 07" 30.0 -< 35.0 = "Clas. 08"
           35.0 -< 40.0 = "Clas. 09" 40.0 -< 45.0 = "Clas. 10"
           45.0 -< 50.0 = "Clas. 11" 50.0 -< 55.0 = "Clas. 12"
           55.0 -< 60.0 = "Clas. 13" 60.0 -< 65.0 = "Clas. 14"
           65.0 -< 70.0 = "Clas. 15" 70.0 -< 75.0 = "Clas. 16"
           75.0 -< 80.0 = "Clas. 17" 80.0 -< 85.0 = "Clas. 18"
           85.0 -< 90.0 = "Clas. 19" 90.0 - high = "Clas. 20"
;

data valeria;
  infile 'c:\valeria\vall.pm';
  input dia mes ano pp;
  pplog = log(pp + .5);
  if mes gt 12 then delete;

proc sort data = valeria; by mes;
proc univariate noprint;
  var pp pplog;
  output out = c
    N = npp npplog SKEWNESS = asspp asspplog
    MEAN = medpp medpplog SUM = somapp somapplo;
  by mes;

data calc;
```

```

set c;
a = log(medpp) - somapplo/npp;
alfa = (1 + sqrt(1 + 4*a/3))/(4*a);
g_alfa = gamma(alfa);
beta = medpp/alfa;
*proc print data = calc;
title1 'Ajuste de Distribuição Gama';
title2 'Valeria # Jan/98';
title3 'Dados diários - Ajuste mensal - Estimativas de Parâmetros';

proc freq data = valeria;
table pp / noprint out = c;
format pp ppf.;
by mes;

*proc print data = c;

data _null_;
set c;
file 'c:\valeria\temp.txt';
put pp ppf. mes 11-12 count 13-18;
format pp ppf.;

data c;
infile 'c:\valeria\temp.txt';
input classe $ 1-8 mes 11-12 count 13-18;

*proc print data = c;

data classes;
infile 'c:\valeria\classes.txt';
input limin limisu classe $ 19-26;
do mes = 1 to 12;
output classes;
end;

proc sort data = classes; by mes classe;
data calc2;
merge calc classes;
by mes ;

```

```

if limin = 0 then do;
  F1t = 0;
  end;
else do;
  t1 = limin/beta;
  if t1 > 100 then t1 = 100;
  texp = exp(t1);
  coef = (t1**alfa)/(alfa*g_alfa*texp);
  F1t = coef*(1 + t1/(alfa+1) +
    (t1**2)/((alfa+1)*(alfa+2)) +
    (t1**3)/((alfa+1)*(alfa+2)*(alfa+3)) +
    (t1**4)/((alfa+1)*(alfa+2)*(alfa+3)*(alfa+4))+...)) ;
end;
if limisu = . then do;
  F2t = 1;
  end;
else do;
  t1 = limisu/beta;
  if t1 > 100 then t1 = 100;
  texp = exp(t1);
  coef = (t1**alfa)/(alfa*g_alfa*texp);
  F2t = coef*(1 + t1/(alfa+1) +
    (t1**2)/((alfa+1)*(alfa+2)) +
    (t1**3)/((alfa+1)*(alfa+2)*(alfa+3)) +
    (t1**4)/((alfa+1)*(alfa+2)*(alfa+3)*(alfa+4))+...)) ;

  end;
if F2t le F1t then do;
  fesp = 0;
  end;
else do;
  fesp = (F2t - F1t) * npp ;
  end;
if limisu eq . then fesp =0;

proc sort data = c; by mes classe ;
data dois;
  merge calc2 c;
  by mes classe ;
  if count eq . then count = 0;

```

```
fobs = count;
```

```
proc print data = dois noobs;  
  title1 'Ajuste de Distribuição Gama';  
  title2 'Valeria # 27/Dez/1997';  
  title3 'Período => 1 dia # ESPERADOS e REAIS';  
  var classe mes fesp fobs ;  
  by mes;
```

```
run; quit;
```