

Estimativa e distribuição da precipitação mensal provável no Estado do Paraná

Silvio César Sampaio*, Adair Jose Longo, Manoel Moises Ferreira de Queiroz, Benedito Martins Gomes, Márcio Antonio Vilas Boas e Morgana Suszek

Setor de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, 85814-110, Cascavel, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: ssampaio@unioeste.br

RESUMO. Este trabalho refere-se ao estudo da estimativa e distribuição da precipitação mensal provável no Estado do Paraná, realizado a partir de dados de precipitação diária observados em 22 postos de coleta, com série histórica entre 12 e 26 anos. As 22 séries foram ajustadas através das distribuições Gama e Log-normal, usando o método da máxima verossimilhança, a partir do qual obteve-se a precipitação provável com 75% de probabilidade, para períodos de 30 dias. Os testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, com 5% de significância, foram empregados para verificar qual das duas distribuições melhor descreve o comportamento das condições pluviométricas do Estado do Paraná. Os resultados mostraram que a distribuição Gama ajustou-se mais adequadamente às condições pluviométricas do Estado, para o período e estações consideradas. Os meses mais chuvosos são janeiro e fevereiro, enquanto os mais secos são julho e agosto. O Estado do Paraná apresenta aumento na quantidade de precipitação pluviométrica na direção oeste/litoral e norte/sul nos períodos mais chuvosos e secos, respectivamente.

Palavras-chave: distribuição Gama, distribuição Log-normal, teste Qui-quadrado, teste Kolmogorov-Smirnov.

ABSTRACT. Estimate and probable monthly rain precipitation distribution in the state of Paraná. Estimate and probable monthly rain precipitation in the state of Paraná through daily precipitation data observed in 22 collection sites ranging between 12 and 26 years are analyzed. All the rainfall series were fitted by gamma and lognormal distributions using likelihood method for parameters. The probable precipitation for periods of 30 days with 75% probability level was estimated by both distribution models. The chi-square and Kolmogorov-Smirnov tests, at 5% level of significance, were used to check which of the distributions could better be adjusted to pluviometrical conditions in the state of Paraná. Results show that the gamma distribution tends to adjust appropriately to the pluviometrical conditions of the state during the studied period. The rainiest months are January and February, while the driest ones are July and August. The state of Paraná presents an increase in the amount of precipitation which is more observed on coast/west and north/south, during the rainiest and driest periods, respectively.

Key words: Gamma distribution, Lognormal distribution, Chi-square test, Kolmogorov-Smirnov test.

Introdução

De acordo com Assad e Castro (1991), a precipitação média não é necessariamente um bom parâmetro para estimativa do valor esperado, quando relacionados às precipitações, pois a dispersão dos totais mensais e anuais em torno das respectivas médias, traduzidas pela variância é, em geral, bastante elevada.

De acordo com Villela e Matos (1975), dentre as distribuições de probabilidades, a Log-normal tem se ajustado bem a dados pluviométricos brasileiros.

Além disso, possui maior facilidade operacional, quando comparadas às demais distribuições. Sampaio *et al.* (1999), Rodrigues e Pruski (2001) e Longo *et al.* (2001) são alguns autores que avaliaram o emprego dessa distribuição aplicada ao ajuste de dados pluviométricos, encontrando problemas de ajustes aos dados com períodos que apresentavam totais com valor zero.

A distribuição Gama tem sido bastante usada, não somente no estudo de distribuições de precipitação, mas também no estudo de outras

variáveis meteorológicas, tais como pressão de vapor e evapotranspiração, por apresentar zero como limite inferior e assimetria similar a dos dados meteorológicos. Vários foram os trabalhos realizados com essa distribuição em estudos pluviométricos, dentre eles destaca-se: Thom (1958); Thom (1968); Silva (1983); Assad *et al.* (1993); Assis (1993); Ribeiro e Lunardi (1997); Botelho e Morais (1999); Soares (1999); Saad e Frizzzone (2001) e Mattos e Silva (2001).

De acordo com Costa Neto (1977), os testes de aderência admitem por hipóteses, que a distribuição da variável de interesse na população seja descrita por um determinado modelo de distribuição de probabilidades. Quando se tem uma boa aderência e a amostra for razoavelmente grande, pode-se, em princípio, admitir que o modelo forneça uma boa idealização da distribuição populacional dos dados. Inversamente, a rejeição da hipótese em um dado nível de significância indica que o modelo testado é inadequado para representar a distribuição da população. Soares Neto e Silva (1996); Ribeiro e Lunardi (1997); Sampaio *et al.* (1999); Catalunha *et al.* (2001) e Longo *et al.* (2001) avaliaram a qualidade do ajuste através do teste de Kolmogorov-Smirnov das distribuições Gama e Log-normal.

De acordo com Costa Neto (1977), o teste Qui-quadrado foi desenvolvido por Spiegel, (1993) que o define como uma medida de discrepância existente entre as frequências observadas e esperadas de um evento. Catalunha *et al.* (2001) citam o teste Qui-quadrado como específico para dados agrupados. Compara-se a soma dos erros absolutos das frequências com um valor tabelado de acordo com o nível de significância desejado e os graus de liberdade da distribuição.

O uso de mapas temáticos que demonstram a distribuição espacial do regime pluviométrico de uma região constitui uma ferramenta bastante prática. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ainda antigo Departamento Nacional de Energia Elétrica (DNAEE), organizou, gerenciou e distribuiu dados de precipitação diária em diversos postos pluviométricos do País. Assad *et al.* (1993) e, posteriormente, Assad (1994) utilizaram esses dados e adotaram a modelagem digital de terreno a fim de confeccionar vários mapas de distribuição pluviométrica nos cerrados brasileiros. Neste caso, foi feita a análise espacial de chuva média anual, mensal, quinzenal, decenal, a análise frequencial da precipitação para 20, 50 e 80% de ocorrência. No Estado de São Paulo, Pellegrino *et al.* (1998), partindo do mesmo princípio e utilizando os dados do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC),

mantiveram de forma operacional na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Estado de São Paulo, um sistema de informações que, dentre outras utilidades, fornece o mapa semanal de alturas pluviométricas no Estado. Silva (1995), através do sistema de informações geográficas, caracterizou a disponibilidade hídrica potencial, para todos os decênios do ano, com nível de 75% de probabilidade para o Estado de Goiás. Gomes (2001) avaliou a distribuição espacial da precipitação decenal com nível de probabilidade de 75%, para o Estado de São Paulo, utilizando 136 postos pluviométricos. O autor georeferenciou os valores da precipitação no espaço, permitindo a utilização de técnicas da geoestatística para proceder à interpolação dos dados. O importante nesses estudos foi mostrar que por meio do geoprocessamento é possível, partindo-se de análises locais, interpolar e analisar com mais segurança a distribuição espaço-temporal de chuvas no Brasil.

Este trabalho teve por objetivo verificar a qualidade de ajuste das distribuições Gama e Log-normal aos totais mensais pluviométricos do Estado do Paraná, por meio dos testes de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov em nível de 5% de probabilidade, estimando a precipitação provável com 75% de probabilidade para o período de 30 dias e construindo mapas de isolinhas das precipitações prováveis para o Estado do Paraná.

Material e métodos

Os dados pluviométricos cedidos pelo Instituto Tecnológico do Paraná (Simepar) constam de coordenadas geográficas das estações e respectiva série histórica registrada na Tabela 1.

As distribuições usadas para prever as precipitações mensais, com nível de 75% de probabilidade (Bernardo, 1999), nas estações supracitadas foram a Gama e a Log-normal. A máxima verossimilhança foi o método utilizado para estimativa dos parâmetros de ambas as distribuições.

A precipitação provável foi determinada para períodos mensais que compreenderam o total de dias do mês considerado.

Desenvolveu-se um programa computacional em linguagem Matlab, denominado PREC_PROB, o qual realiza as operações, tais como: totalização das precipitações diárias definindo as séries históricas de precipitação para o período mensal; ajusta as séries construídas às distribuições de probabilidades Gama e Log-normal; verifica a qualidade do ajuste por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado; determina a precipitação provável, com diferentes níveis de probabilidades, usando as distribuições citadas.

Tabela 1. Coordenadas geográficas e série histórica das estações estudadas.

Nome da Estação	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Série (anos)	Nº anos
Antonina	25°25'	48°42'	60	1977-2000	24
Cascavel	24°57'	53°27'	719	1975-2000	26
Candido de Abreu	24°34'	51°20'	645	1989-2000	12
Cerro Azul	24°49'	49°15'	366	1975-2000	26
Cianorte	23°39'	52°36'	490	1975-1998	24
Fernandes Pinheiro	25°25'	50°32'	893	1975-2000	26
Guarapuava	25°23'	51°27'	1070	1976-2000	25
Guaraqueçaba	25°18'	48°19'	10	1980-1998	19
Joaquim Távora	23°29'	49°54'	634	1975-1999	25
Lapa	25°46'	49°42'	909	1989-2000	12
Londrina	23°18'	51°09'	585	1976-2000	25
Nova Cantu	24°40'	52°34'	550	1977-1998	22
Palmas	26°29'	51°59'	783	1979-2000	22
Palotina	24°17'	53°50'	303	1975-2000	26
Paranavai	23°04'	52°27'	408	1975-2000	26
Pato Branco	26°13'	52°40'	721	1979-2000	22
Pinhais	25°32'	49°12'	930	1975-1997	23
Planalto	25°42'	53°45'	403	1975-1998	24
Ponta Grossa	25°05'	50°09'	885	1975-2000	26
São Miguel do Iguaçu	25°20'	54°12'	307	1982-1997	16
Telêmaco Borba	24°19'	50°36'	768	1977-2000	24
Umuarama	23°45'	53°19'	480	1975-2000	26

Fonte: Simepar (2001).

A precipitação provável estimada foi georeferenciada, sendo suas coordenadas geográficas transformadas em coordenadas cartesianas. O traçado das curvas nos mapas, unindo pontos de mesma grandeza, foi efetuado através de interpolação matemática, usando o método inverso do quadrado das distâncias. Na construção dos mapas de isolinhas, foram necessários alguns ajustes, após a interpolação, para promover o fechamento do polígono abrangendo todo o Estado do Paraná. Como consequência, algumas áreas ficaram sem precipitação estimada. Por conseguinte, a solução foi verificar as coordenadas dos quatro pontos extremos do Estado do Paraná e atribuir a esses pontos a precipitação provável correspondente às estações vizinhas.

Resultados e discussão

Os resultados dos ajustes das distribuições Gama e Log normal, apresentados na Tabela 2, referem-se apenas às estações das cidades de Cascavel, Londrina e Pinhais, do Estado do Paraná, por representarem regiões distintas quanto ao regime pluviométrico.

Observa-se na Tabela 1 as precipitações estimadas nos respectivos períodos e testes de aderência Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, com 5% de significância, para o município de Cascavel.

Costa Neto (1977) relata que o método de Kolmogorov-Smirnov, em geral, é mais rigoroso que o Qui-quadrado. Nota-se, observando a Tabela 1, que é possível detalhar tal afirmação, visto que quando a distribuição possui um bom ajuste aos dados, caso da distribuição Gama, o teste de

Kolmogorov-Smirnov é mais rigoroso. Contudo, para a distribuição Log normal, os testes se equivalem, visto que o próprio ajuste pode estar influenciando o rigor dos testes.

Tabela 2. Precipitações prováveis para o município de Cascavel, estimadas pelas distribuições Gama e Log-Normal e respectivos testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov.

Distribuição Gama												
Precipitação provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-30	20,6	4,1	4,9	3,0	4,1	3,8	1,1	0,5	3,6	20,9	12,1	25,0
Teste de Qui-quadrado $X^2_{(4,95\%)} = 9,48$												
1-30	2,26	4,72	3,19	8,99	1,19	2,81	5,56	3,73	7,93	3,78	2,92	1,97
Teste de Smirnov-Kolmogorov ($S^2_{(26,95\%)} = 0,26$)												
1-30	0,23	0,18	0,21	0,36	0,23	0,31	0,28	0,18	0,28	0,21	0,15	0,18
Distribuição Log Normal												
Precipitação provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-30	17,2	1,0	1,4	0,6	1,1	1,1	0,3	0,1	1,0	9,0	5,3	23,2
Teste de Qui-quadrado $X^2_{(3,95\%)} = 7,81$												
1-30	5,87	30,41	36,23	36,52	18,63	32,12	19,18	16,49	25,90	36,27	24,87	0,83
Teste de Smirnov-Kolmogorov ($S^2_{(26,95\%)} = 0,26$)												
1-30	0,11	0,33	0,26	0,31	0,26	0,26	0,26	0,21	0,28	0,26	0,24	0,04

*Os valores em negrito representam os períodos não ajustados das distribuições.

Observa-se na Tabela 1 que para o município de Cascavel, ao longo de um ano, ocorrem três períodos bem característicos para as chuvas prováveis. O primeiro, com alta precipitação, compreendido entre os meses de outubro e janeiro; o segundo, com precipitações intermediárias, de fevereiro a junho e também o mês de setembro; e o terceiro, com baixíssima precipitação, nos meses de julho e agosto. Segundo Longo *et al.* (2001), a região pode ser classificada como úmida considerando apenas as médias aritméticas mensais, porém, observam-se na região algumas práticas adotadas típicas de regiões semi-áridas, principalmente na época do terceiro período descrito anteriormente. Os dados da Tabela 1, bem como a afirmação de Longo *et al.* (2001), justificam a afirmação de Assad e Castro (1991), de que valores médios de precipitação não são necessariamente um bom parâmetro para caracterizar o regime pluviométrico de uma região.

Na Tabela 3, verifica-se que a distribuição Gama apresenta excelente qualidade de ajuste, conforme o teste Qui-quadrado, sendo esta distribuição adequada todos os meses. Para o teste de Kolmogorov-Smirnov, nota-se que o ajuste foi aceito em, praticamente, todos os períodos, exceto nos meses de abril e setembro. Essa observação é semelhante à conclusão de Ribeiro e Lunardi (1997) que, ao estudarem as condições pluviométricas mensais do município de Londrina, verificaram que a distribuição Gama representa as condições pluviométricas do município, quando testada através do teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando-se o nível de 5% de significância.

Tabela 3. Precipitações prováveis para o município de Londrina, estimadas pelas distribuições Gama e Log-Normal e respectivos testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov.

Distribuição Gama												
Precipitação provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-30	9,7	4,5	12,6	0,6	1,3	0,6	0,1	0,0	1,4	8,6	6,4	26,9
Teste de Qui-quadrado $X^2_{(4,95\%)} = 9,48$												
1-30	4,39	1,50	5,11	2,11	2,42	3,83	1,31	7,20	2,12	1,99	1,36	
Teste de Smirnov-Kolmogorov ($S^2_{(25,95\%)} = 0,26$)												
Período 30 dias												
1-30	0,19	0,16	0,14	0,30	0,24	0,22	0,19	0,22	0,27	0,24	0,19	0,16
Distribuição Log Normal												
Precipitação provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-30	3,5	1,0	9,7	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	3,3	1,8	22,6
Teste de Qui-quadrado $X^2_{(4,95\%)} = 9,48$												
1-30	21,69	36,93	5,00	28,78	26,49	15,38	15,12	10,04	24,21	21,63	18,56	6,47
Teste de Smirnov-Kolmogorov ($S^2_{(25,95\%)} = 0,26$)												
1-30	0,26	0,31	0,16	0,30	0,30	0,22	0,27	0,26	0,30	0,27	0,32	0,10

*Os valores em negrito representam os períodos não ajustados das distribuições.

A baixa qualidade de ajuste da distribuição Log-normal é verificada em ambos os testes realizados. O teste de Kolmogorov-Smirnov mostra que a distribuição Log-normal não se ajusta principalmente nos períodos que apresenta baixos valores de precipitação, sendo ajustáveis somente nos períodos de precipitação elevada (Figura 1).

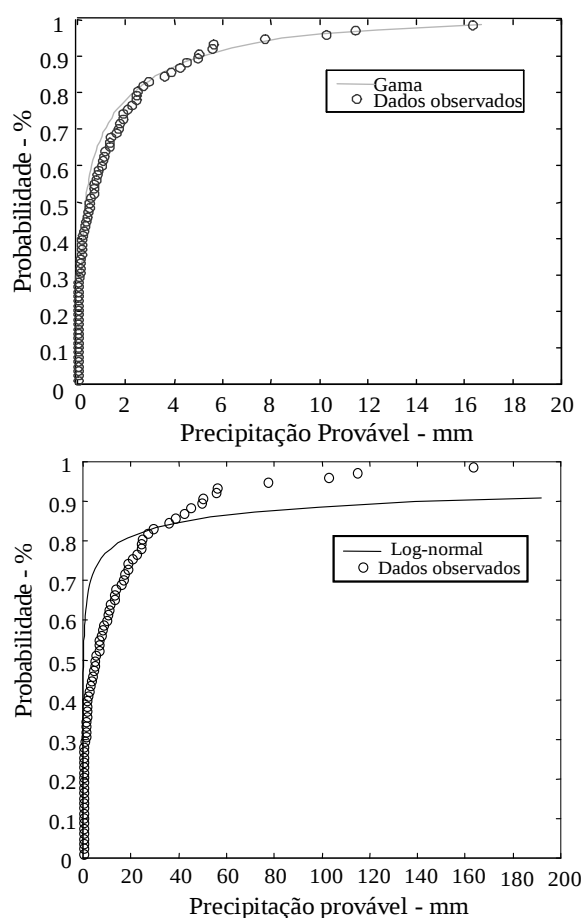


Figura 1. Ajuste das distribuições Gama e Log-normal do mês de

agosto para o município de Londrina, Estado do Paraná.

Ao observar a Tabela 4, verifica-se que a distribuição Gama ajusta-se às condições pluviométricas do município de Pinhais, confirmado pelos testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov em todos os meses. O ajuste da distribuição Log-normal em inúmeros períodos não se mostrou adequado. O teste Qui-quadrado mostrou que a referida distribuição ajustou-se aos períodos com estimativa de precipitação elevada, ou seja, somente valores dos meses de março e dezembro foram ajustáveis à distribuição Log-normal. No teste de Kolmogorov-Smirnov, a exemplo do Qui-quadrado, vários períodos apresentaram valores não adequados, porém em número menor. Isto aconteceu quando a maioria dos meses apresentou valores adequados à distribuição Log-normal.

Tabela 4. Precipitações prováveis para o município de Pinhais, estimadas pelas distribuições Gama e Log-Normal e respectivos testes de aderência de Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov.

Distribuição Gama												
Precipitação provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-30	83,1	59,1	53,7	33,9	44,9	37,1	38,0	27,8	52,1	59,3	55,1	71,0
Teste de Qui-quadrado $X^2_{(4,95\%)} = 9,48$												
1-30	2,26	6,56	1,34	1,02	2,37	1,71	1,75	3,95	4,97	1,56	1,53	1,41
Teste de Smirnov-Kolmogorov ($S^2_{(25,95\%)} = 0,27$)												
1-30	0,18	0,26	0,09	0,15	0,18	0,15	0,12	0,15	0,24	0,18	0,18	0,09
Distribuição Log Normal												
Precipitação provável (mm)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1-30	124,4	145,9	53,7	68,2	73,5	66,8	62,3	39,9	89,3	67,0	116,5	70,0
Teste de Qui-quadrado $X^2_{(4,95\%)} = 9,48$												
1-30	21,73	35,93	3,46	26,82	10,17	19,89	14,14	12,14	21,93	15,65	27,50	4,84
Teste de Smirnov-Kolmogorov ($S^2_{(25,95\%)} = 0,27$)												
1-30	0,24	0,32	0,10	0,28	0,21	0,28	0,24	0,21	0,24	0,21	0,32	0,13

*Os valores sombreados representam os períodos não ajustados das distribuições.

As análises obtidas corroboram com os resultados de Vivaldi (1973); Fonseca e Albuquerque (1978); Silva (1983); Assis (1993); Sansigolo (1996); Ribeiro e Lunardi (1997); Botelho e Moraes (1999); Saad e Frizzone (2001) e Mattos e Silva (2001), quando se verifica que a distribuição Gama possui um potencial maior que outras distribuições para ajustar-se aos dados pluviométricos de regiões e séries totais com diferentes características.

De modo geral, com exceção de Londrina e Umuarama, que nos meses de julho e agosto apresentam precipitações próximas a zero, todas as estações apresentaram precipitação mensal provável relativamente bem distribuída, com valores variando de 20 a 35 mm.

As estações de Cascavel, Pato Branco e Guarapuava apresentaram semelhança entre as precipitações prováveis mensais, tanto nos valores, quanto na oscilação dos índices de provável

precipitação. Esta semelhança é devido à proximidade das estações e ao comportamento do regime de precipitação das regiões oeste, sudoeste e central do Estado do Paraná, nas quais se localizam as estações citadas, respectivamente.

Comparando as duas distribuições de probabilidades estudadas, verifica-se que, em todas as estações e períodos estudados, a distribuição Log-normal apresentou valores menores de precipitação, com destaque para o valor zero em determinados períodos. Observou-se que séries mensais que apresentaram brusca dispersão dos dados, ajustaram-se melhor à distribuição Gama.

Os mapas com isolinhas de precipitação provável para os meses de janeiro e agosto no Estado do Paraná são apresentados nas Figuras 2 e 3. Observa-se nos mapas uma tendência comum, ou seja, o decréscimo da precipitação na direção litoral/oeste e norte do Estado.

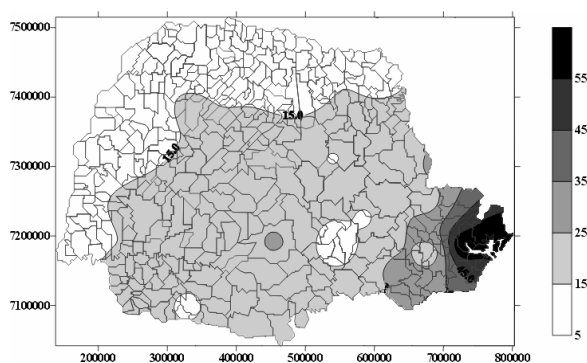


Figura 2. Precipitação provável mensal (em mm) do mês de janeiro para o Estado do Paraná.

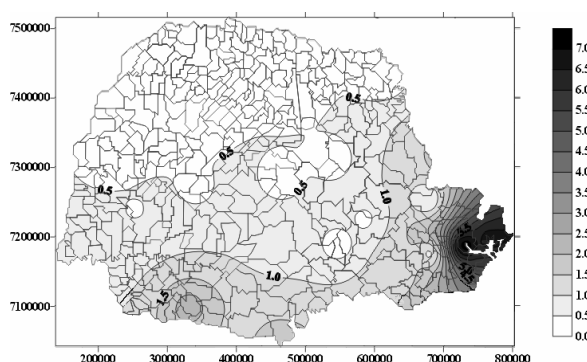


Figura 3. Precipitação provável mensal (em mm) do mês de agosto para o Estado do Paraná.

Na precipitação do mês de janeiro (Figura 2), verifica-se no litoral os maiores índices pluviométricos mensais, próximos de 55 mm. As regiões oeste e norte apresentam os menores índices pluviométricos, próximos de 15 mm mensal. O restante do Estado apresenta índices variando de 25

mm a 50 mm.

O mês de agosto (Figura 3), caracterizado como o mais seco, apresenta os maiores índices pluviométricos, novamente na região litorânea do Estado, nos municípios de Antonina, Guaraqueçaba e Paranaguá, com índices próximos a 7 mm mensal. Os menores índices encontram-se nas regiões Noroeste e Norte do Estado, municípios de Umuarama, Londrina e Maringá, com menos de 1 mm no mês.

A análise das Figuras 2 e 3 corrobora com Longo *et al.* (2001) quando cita que o município de Cascavel necessita de uma irrigação suplementar ou emergencial em certos períodos críticos. Também Ribeiro e Lunardi (1997) verificaram que o município de Londrina apresenta um período seco de abril a setembro, necessitando de uma irrigação suplementar para suprir as necessidades hídricas das culturas.

Desse modo, como o Estado do Paraná apresenta-se como grande produtor de grãos, principalmente soja, milho e trigo, deve-se efetuar um estudo com aplicação de balanços hídricos adequados aos tipos de culturas para cada região.

Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que: existe uma tendência da distribuição Gama apresentar melhor ajuste que a distribuição Log-normal, das séries históricas de precipitação mensal do Estado do Paraná, como demonstrou os testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, ambos com 5% de significância;

as precipitações prováveis estimadas caracterizam o Estado do Paraná com chuvas regularmente distribuídas durante todo período anual, exceto no norte e oeste do Estado;

os meses de outubro a fevereiro apresentaram as maiores precipitações prováveis, enquanto os menores valores ocorrem entre julho e agosto;

existe um decréscimo da precipitação provável nas direções litoral/oeste e litoral/norte do Estado do Paraná, como demonstrou os mapas de isolinhas.

Referências

- ASSAD, E.D.; CASTRO, L.H.R. Análise frequencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas, MG. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 26, n. 3, p. 397-402, 1991.
- ASSAD, E.D. *et al.* Veranicos na região dos cerrados brasileiros, frequência e probabilidade de ocorrência. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.
- ASSAD, E.D. *Chuva nos cerrados: análise e espacialização*. Brasília: Embrapa/SPI. 1994.
- ASSIS, F.N. Ajuste da função gama aos totais semanais de

- chuva de Pelotas – RS. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 131-136, 1993.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 5. ed. Viçosa: UFV, 1999.
- BOTELHO, V.A.; MORAIS, A.R. Estimativas dos parâmetros de distribuição gama de dados pluviométricos do município de Lavras, Estado de Minas Gerais. *Revista Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 23, n. 3, p. 697-706, 1999.
- CATALUNHA, M.J. et al. Ajustamento de funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 Cd-Rom.
- COSTA NETO, P.L. O. *Estatística*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1977.
- FONSECA, V.O.; ALBUQUERQUE, J.A.S. Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de probabilidades para totais de precipitação de uma região de Pelotas. *Rev. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 21, n. 9, p. 47-58, 1978.
- GOMES, B.M. *Comportamento espacial da precipitação decendial (P 75%) para o Estado de São Paulo*. Botucatu, 2001. Tese (Doutorado em Agronomia)–Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.
- SIMEPAR-Instituto Tecnológico do Paraná -. *Dados pluviométricos de estações meteorológicas do Paraná*. Mensagem recebida em 2001.
- LONGO, A.J. et al. Precipitação provável e equação de chuvas intensas para o município de Cascavel – PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 Cd-Rom.
- MATTOS, A.; SILVA, F.A. *Balanco hídrico e disponibilidade de água para o Estado de Goiás*. Disponível em: <www.hidroweb.aneel.gov.br/doc/tópicos/tópicos/oral3.html>. Acesso em: 28 out. 2001.
- SOARES NETO, J.P.; SILVA, M.A.V. Probabilidades mensais de chuva para a região de Barreiras-BA. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 91-94, 1996.
- PELLEGRINO, G.Q. et al. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD e SANO: *Sistema de informações Geográficas: aplicações na agricultura*. Brasília: Embrapa SPI, 1998. p. 329-348.
- RIBEIRO, A.M.A.; LUNARDI, D.M.C. A precipitação mensal provável para Londrina-PR, através da função gama. *Rev. Energia Agric.*, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 37-44, 1997.
- RODRIGUES, L.N.; PRUSKI, F.F. *Precipitação provável para João Pinheiro, Minas Gerais, utilizando as funções de distribuição de probabilidades gama e log-normal*. Disponível em: <www.ufv.br/Dea/revista/v5n3.htm>. Acesso em: 26 out. 2001.
- SAAD, J.C.S.; FRIZZONE, J.A. *Estudo da distribuição de freqüência da precipitação pluvial visando o dimensionamento de sistemas de irrigação*. Disponível em: <www.fca.unesp.br/posgradua/Irriga/revista/3_1/artigo.htm>. Acesso em: 20 set. 2001.
- SAMPAIO, S.C. et al. Precipitação provável para o Município de Lavras, MG, utilizando a distribuição log-normal. *Rev. Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 23, n. 2, p. 382-389, 1999.
- SANSIGOLO, C.A. Variabilidade interanual da estação chuvosa no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, v. 4, n. 1. p. 101-105, 1996.
- SILVA, C.D. Determinação da precipitação pluviométrica provável par a cidade de Barreiras-BA. *Rev. Eng. Agric.*, Botucatu, v. 7, n. 1. p. 9-16, 1983.
- SILVA, F.A.M. *Estimativa da variação espaço temporal da disponibilidade hídrica decendial no Estado de Goiás*. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995.
- SPIEGEL, M.R. *Estatística*. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1993.
- SOARES, A.A. Evapotranspiração de referência e precipitação provável no Estado de Minas Gerais visando a elaboração de projetos de irrigação. *Rev. Eng. Agric.*, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 14-18, 1999.
- THOM, H.C.S. A note on the gama distribution. *Mon. Weather Rev.*, Washington, D.C., v. 86, p. 117-22, 1958.
- THOM, H.C.S. *Direct and inverse tables of gama distribution*. Silver Spring: Environmental Science Service Administration, 1968.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- VIVALDI, L.J. *Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos*. Piracicaba, 1973. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1973.

Received on July 31, 2006.

Accepted on November 28, 2006.