

Adair José Longo¹
Silvio Cesar Sampaio²
Morgana Suszek³

**EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS E
PRECIPITAÇÃO PROVÁVEL PARA O
MUNICÍPIO DE CASCAVEL, PR**

RESUMO: Visando contribuir para o planejamento de atividades que são influenciadas pela quantidade de água precipitada, em que os resultados condicionam decisões de ordem tática ou estratégica em atividades como agropecuária, construção civil e turismo, analisou-se a série de dados históricos de 1972 a 1996, de precipitação de uma estação climatológica situada no município de Cascavel, PR. Na análise das precipitações prováveis, lâminas diárias foram totalizadas em períodos de 10, 15 e 30 dias, avaliadas com níveis de probabilidade de ocorrência de 20%, 50%, 75% e 90%, utilizando a distribuição log-normal. Utilizou-se a distribuição de Gumbel e o método de desagregação de chuvas da CETESB para determinar a equação de chuvas intensas. Os resultados demonstraram que não existe um período definido como seco ou como chuvoso, indicando que a irrigação na região deve ser suplementar. A distribuição log-normal, apesar de suas limitações, apresenta facilidade de uso, podendo ser aplicada para todo o ano. A equação de chuvas intensas determinada pelo método de desagregação de chuvas pode ser utilizada em projetos de obras hidráulicas.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação; Gumbel; Log-Normal.

Data de recebimento: 12/07/06. Data de aceite para publicação: 09/10/06.

¹ Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) – Campus de Cascavel. Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Endereço eletrônico: ajlongo@unioeste.br.

² Engenheiro Agrícola. Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Unioeste. Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Endereço eletrônico: ssampaio@unioeste.br.

³ Engenheira Química. Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Unioeste. Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Endereço eletrônico:morgana_eq@hotmail.com.

SUMMARY: Aiming at contributing to the planning of activities that are influenced by the amount of rainfall, in which the results condition the decisions of tactical or strategical nature in activities as farming, civil construction and tourism, it was analyzed the series of historical data from 1972 to 1996, concerning the rainfall, from a weather station located in the city of Cascavel, PR. In the analysis of the probable precipitations, daily blades were totalized in periods of 10, 15 and 30 days, and evaluated with levels of probability of occurrence of 20%, 50%, 75% and 90%, using the Log-Normal distribution. The Gumbel distribution and the CETESB's Rain Disaggregation Model were used to determine the equation of intense rain. The results demonstrated the inexistence of a period which can be defined as either dry or rainy, indicating that the irrigation must be supplemental in the region. Despite its limitations, the Log-Normal distribution is easy to use and can be applied all the year round. The intense rain equation determined by the Rain Disaggregation Model can be used in the planning of hydraulic works.

KEYWORDS: Precipitation; Gumbel; Log-Normal.

1. INTRODUÇÃO

A caracterização das condições climáticas de um determinado local ou região representa uma das variáveis fundamentais para a tomada de decisões na implantação de projetos de engenharia. Para tais projetos e nas atividades ligadas à agropecuária e turismo, deve-se conhecer a magnitude das enchentes e a sua frequência, que varia de região para região. Poucos trabalhos foram desenvolvidos sobre as condições climáticas da região de Cascavel, PR, sendo realizados apenas monitoramentos das precipitações máximas prováveis e análise do escoamento superficial (PRUSKI, 1990), mas sem comentar sobre as condições pluviométricas do município.

Conhecer a precipitação mínima é fundamental para a determinação da necessidade de irrigação, apresentando importância no abastecimento urbano, terraplanagem, construção rural e civil. Segundo Bernardo (1989), a maioria das irrigações realizadas no Brasil deveria ser essencialmente suplementar, devido ao bom índice pluviométrico do país. Em algumas regiões, porém, como o caso do Nordeste brasileiro, com baixas precipitações aliadas as irregularidades, é necessário o fornecimento integral da necessidade hídrica das culturas.

A precipitação máxima provável é definida como a maior coluna pluviométrica, correspondente a uma dada duração, fisicamente possível de ocorrer sobre uma dada área de drenagem em uma época

do ano (WMO, 1973). A precipitação máxima provável pode, portanto, ser vista não como um limite físico, que pode vir a ocorrer para as condições analisadas, mas, sim, como um evento cuja superação está associada a uma probabilidade muito baixa. Muitas organizações vinculadas à segurança de barragens recomendam explicitamente a precipitação máxima provável para o caso de grandes obras, em que a transposição envolve grandes riscos (SUGAI & FILL, 1990).

A distribuição de Gumbel é recomendada para análise de fenômenos extremos, como as precipitações máximas. Cruciani (1983) afirma que a distribuição de Gumbel, também conhecida como distribuição de eventos extremos, é a mais apropriada para essas análises, corroborando os trabalhos de Botelho & Morais (1999), Soares et al. (1999), Saad & Frizzone (2001) e Mattos & Silva (2001).

Nesse contexto, ainda, a escolha da chuva crítica, para fins de dimensionamento racional de obras como galerias pluviais, sistemas de drenagem e vertedouros de barragem, é um dos fatores limitantes para execução da obra. Em projetos de drenagem, é obtida com base em fatores econômicos, sendo o período de retorno normalmente considerado para a seleção da chuva crítica.

Ellis (1972), citado por Silva (1992), relatou que a distribuição normal tem sido largamente empregada no cálculo de probabilidades de totais anuais de chuvas. Para totais mensais, em vista da assimetria da série, a distribuição normal tem sido, porém, mais empregada, com uma transformação de dados tipo raiz quadrática e logarítmica.

Dentre as distribuições de probabilidades, a log-normal tem-se ajustado bem à distribuição pluviométrica brasileira e possui maior facilidade operacional, quando comparada às demais distribuições (RIBEIRO & LUNARDI, 1997; SAMPAIO et al., 1999; CATALUNHA et al., 2001 e LONGO et al., 2001).

Buscando evitar um superdimensionamento de sistemas de irrigação, Rodrigues & Pruski (2001) calcularam a precipitação provável em João Pinheiro, MG, pelas distribuições de probabilidades gama e log-normal, para períodos de 10 dias com 13 níveis de probabilidades. Concluíram que a distribuição gama ajustou-se adequadamente aos dados pluviais durante todo o ano, enquanto a distribuição log-normal mostrou ajustamento satisfatório somente para os dados dos meses chuvosos.

SAMPAIO et al. (1999) avaliaram as condições de precipitação da região de Lavras, MG, através da distribuição log-normal, e verificaram que a distribuição foi adequada para os meses de maior precipitação.

Este trabalho teve por objetivo realizar análises da precipitação mínima, com níveis de probabilidade de 20%, 50%, 75% e 90%, utilizando a distribuição log-normal, e determinar a equação de chuvas intensas por meio da distribuição de Gumbel e desagregação de chuvas, para a região de Cascavel, PR.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir da análise dos dados de precipitação, obtidos junto à estação climatológica do município de Cascavel, PR, geograficamente definida pelas coordenadas de 24°57' de latitude sul, 53°28' de longitude oeste de Greenwich e 750 m de altitude, de clima subtropical úmido mesotérmico, verões quentes e com tendência de concentração de chuvas, invernos com geadas pouco frequentes e sem estação seca definida.

Para análise da precipitação mínima, as lâminas diárias foram totalizadas em períodos de 10, 15 e 30 dias, sendo avaliadas com nível de probabilidade de ocorrência de 20%, 50%, 75% e 90%, para o período de 1972 a 1996. Na determinação da chuva provável, utilizou-se a fórmula universal para estimativa de uma variável de precipitação (lâmina ou intensidade), proposta por Chow (1964).

A partir dos valores das lâminas diárias totalizadas para os períodos de 10, 15 e 30 dias, esses valores foram agrupados separadamente, sendo determinados a média e o desvio padrão para cada período totalizado. Considerando que a distribuição log-normal é a própria distribuição da curva de Gauss, quando aplicada a propriedade dos logaritmos, aplicaram-se as referidas propriedades, resultando na equação-base de análises hidrológicas, com utilização da distribuição log-normal, em que a variável reduzida neste caso é determinada pela distribuição normal. A fim de avaliar a aderência dos valores obtidos com base na distribuição log-normal, para os períodos estudados, utilizou-se o teste de Kolgomorov-Smirnov, a um nível de significância de 5%.

Na obtenção da equação de chuvas intensas, partiu-se do valor máximo de precipitação diário anual, sendo calculadas as lâminas para os intervalos de 24, 12, 10, 8, 6 e 1 hora, 30, 25, 20, 15, 10 e 5 minutos, por meio do método de desagregação de chuvas usando os coeficientes da CETESB (1979), lâminas posteriormente convertidas para intensidade de precipitação (mm h^{-1}), com tempo de retorno de 2, 5, 10, 50 e 100 anos. De posse dos valores das precipitações máximas prováveis, procedeu-se à comparação destes valores com as alturas de

precipitação calculadas com base nas relações entre intensidade (variável dependente), duração e frequência (variáveis independentes), para o município de Cascavel. Assim, por meio de regressão múltipla, foram encontrados os parâmetros da distribuição de Gumbel.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2 e 3 são apresentadas as lâminas mínimas prováveis com os respectivos níveis de probabilidade para os períodos de 10, 15 e 30 dias, respectivamente. Observa-se, nas Figuras 1, 2 e 3, que, mesmo apresentando meses com maior probabilidade de ocorrência de chuvas, não houve uma definição clara de período chuvoso e seco.

Observou-se que o aumento do nível de probabilidade de chuva proporcionou um menor valor absoluto de lâmina provável, pois o aumento na confiabilidade da estimativa da lâmina mínima precipitada em certa região agrícola implica a redução do seu valor estimado.

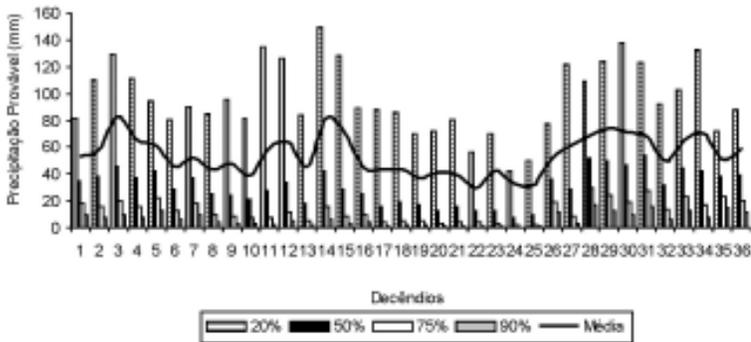


FIGURA 1 - Chuva provável para o município de Cascavel para o período de 10 dias, durante todo o ano (níveis de probabilidade de 20%, 50%, 75% e 90%).

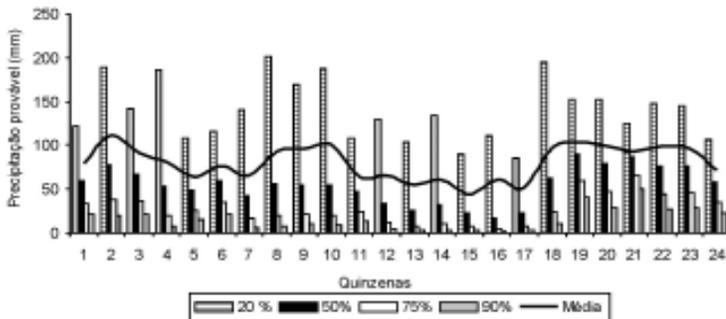


FIGURA 2 - Chuva provável para o município de Cascavel para o período de 15 dias, durante todo o ano (níveis de probabilidade de 20%, 50%, 75% e 90%).

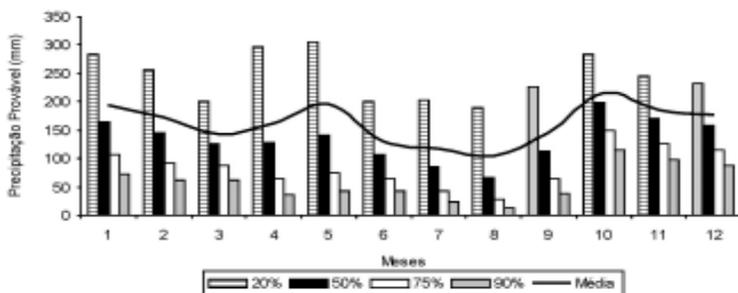


FIGURA 3. Chuva provável para o município de Cascavel, para o período de 30 dias, durante todo o ano (níveis de probabilidade de 20%, 50%, 75% e 90%).

Conforme Bernardo (1989), o nível de probabilidade mais recomendado, quanto à precipitação provável de uma região para fins agrícolas, é de 75%. Na Figura 3 observa-se que, ao nível de probabilidade de 75%, a lâmina mínima de precipitação é menor nos meses de julho e agosto (menor que 50 mm), indicando a possível necessidade de irrigação suplementar.

Nota-se, na Tabela 1, que a distribuição log-normal é adequada para o período exposto, exceto no mês de julho, devido à maior variação na precipitação. A adequação de quase a totalidade dos dados deve-se ao fato de a cidade de Cascavel, PR, não possuir estações definidas como seca e chuvosa, corroborando com as observações de Sampaio et al. (1999) e de Rodrigues & Pruski (2001).

TABELA 1 - Teste de adequacidade da distribuição Log-Normal para os períodos de agrupamento de 10, 15 e 30 dias

Meses	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Período de 10 dias												
1-10	a	a	a	a	a	a	na	a	a	a	a	a
11-20	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
21-30	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Período de 15 dias												
1-15	a	a	a	a	a	a	na	a	a	a	a	a
16-30	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Período de 30 dias												
1-30	a	a	a	a	a	a	na	a	a	a	a	a

Obs.: “na” - distribuição não adequada; “a” - distribuição adequada.

A Equação 1 representa a equação de chuva intensa, determinada pela metodologia da desagregação de chuva, que relaciona os tempos de duração da chuva e períodos de retorno com a intensidade média de precipitação, para a cidade de Cascavel, PR.

$$I_{mm} = \frac{778,54 \cdot Tr^{0,1729}}{(t_d + 9,65)^{0,7204}}$$

em que:

I – Intensidade média de precipitação, mm h^{-1} ;

Tr – Tempo de retorno, anos;

t_d – Tempo de duração, min.

Observou-se, pela Figura 4a e 4b, uma pequena diferença no comportamento da chuva intensa pela Equação 1 e a de Fendrich (1998), para os tempos de retorno de 5 a 200 anos e tempo de duração de 5 a 1440 min, não sendo significativa ao nível de 1% de probabilidade. Mesmo utilizando pluviogramas para obtenção da equação de Fendrich (1998), esta não diferiu da Equação 1 obtida neste trabalho, quando se utilizou o método de desagregação de chuvas e coeficientes da CETESB (1979). Provavelmente isto ocorreu em virtude de Fendrich (1998), em sua metodologia, considerar duas ou mais chuvas ocorridas no mesmo dia como sendo uma única chuva e também de o período estudado pelo autor compreender 10 anos a menos que o período utilizado neste trabalho, mesmo utilizando dados da mesma estação climatológica.

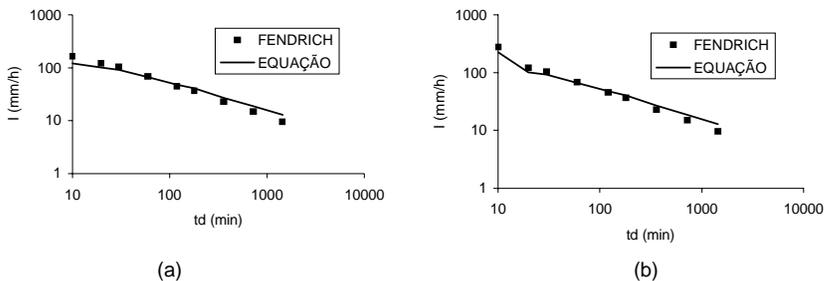


FIGURA 4 - Comparação, em escala logarítmica, entre a equação determinada por Fendrich (1998) e obtida neste trabalho (Equação 1), para os tempos de retorno de (a) 5 anos e (b) 200 anos, para tempos de duração de 5 a 1440 min, para o município de Cascavel, PR.

3. CONCLUSÕES

1. Não existe um período definido como seco ou como chuvoso para o município de Cascavel, PR.

2. A distribuição log-normal foi adequada para as estimativas da precipitação provável para os períodos de agrupamento de 10, 15 e 30 dias.

3. A equação de chuvas intensas determinada pelo método de desagregação de chuvas pode ser utilizada em projetos de obras hidráulicas.

4. REFERÊNCIAS

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1989. 596 p.

BOTELHO, V. A. V. A.; MORAIS, A. R. Estimativas dos parâmetros de distribuição gama de dados pluviométricos do município de Lavras, Estado de Minas Gerais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 697-706, 1999.

CATALUNHA, M. J.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; SOARES, P. B.; RIBEIRO, A. Ajustamento de funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, 2001. **Anais...** Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001. 1 CD.

CHOW, Vem Te. **Handbook of applied hydrology**. New York: McGraw-Hill Book, 1964.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo, 1979. 476 p.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 337 p.

FENDRICH, R. **Chuvas intensas para obras de drenagem do Estados do Paraná**. Curitiba: Champagnat, 1998. 99 p.

LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C.; CORREA, M. M.; VILAS BOAS, M. A. 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: CONBEA, 2001. 1 CD.

MATTOS, A.; SILVA, F. A. **Balanço 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.

PRUSKI, F. F. **Análises de precipitações extremas e de escoamento superficial, para áreas agrícolas, da região oeste do Paraná.** Viçosa, MG, 1990. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. 1990.

RIBEIRO, A. M. A.; LUNARDI, D. M. C. A precipitação mensal provável para Londrina, PR, através da função gama. **Revista Energia na Agricultura**, 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 frequência da precipitação pluvial visando ao 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.; CORRÊA, M. M.; SOUZA, M. R.; GUIMARÃES, J. C.; SILVA, A. M. Precipitação provável para o município de Lavras, MG, utilizando a distribuição log-normal. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 382-389, 1999.

SILVA, A. P. A. **Desenvolvimento de subsídios para aproveitamento hidroagrícola do Estado de Sergipe com base nas condições hidrometeorológicas.** São Carlos, 1992, 141 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 1992.

SOARES, A. A.; FARIA, R. A.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. A. S. Evapotranspiração de referência e precipitação provável no Estado de Minas Gerais visando à elaboração de projetos de irrigação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4. p. 14-18, 1999.

SUGAI, M. R. B.; FILL, H. D. O. A. Tempo de recorrência associado à precipitação máxima provável na Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, 110 p. 1990.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION - WMO. **Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation.** Meteorological Organization. Geneva, 1973. 190 p.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

REVISTA VARIA SCIENTIA

Versão eletrônica disponível na internet:

www.unioeste.br/saber