

DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE CHUVAS INTENSAS EM PELOTAS, RS.

Leomar Molin, Ivano DeVilla,
Jau P. Goulart, Angela P. Maestrini

Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas
Caixa Postal 354 - 96010-900 Pelotas, RS

RESUMO

Para pequenas bacias hidrográficas, onde séries históricas de vazão geralmente não existem, a estimativa da vazão de projeto pode ser feita a partir do resultado da análise de chuvas intensas na região. Um dos elementos importantes dessa análise é a definição dos padrões de distribuição temporal das chuvas intensas que possam servir de referência para o desenvolvimento do hietograma da chuva de projeto. Considerando que esses padrões ainda não são conhecidos para Pelotas, o presente estudo teve por objetivo determinar os padrões de distribuição temporal (anual e estacionais) das chuvas intensas, segundo a metodologia usada por Huff (1967) e identificar aqueles mais apropriados para a determinação do hietograma da chuva de projeto. Segundo esse método, as chuvas intensas são classificadas em quatro grupos, de acordo com a distribuição da precipitação em cada 25 % de sua duração total. Em cada grupo e para cada 10 % de duração da chuva, é formada uma série de precipitação expressa em percentagem. De cada série, é determinada a distribuição empírica de probabilidade. Com isso, constroem-se curvas (conhecidas como curvas de Huff) relacionando, para determinados níveis de probabilidade, a precipitação acumulada com o tempo acumulado expressos em percentagem. Portanto, uma curva de Huff corresponde ao padrão de distribuição temporal associado à uma chance de ocorrência. Os resultados mostraram o seguinte: (i) As chuvas mais frequentes em Pelotas são as do grupo I; (ii) O efeito das estações do ano sobre o desenvolvimento das

curvas de Huff foi marcante apenas para as chuvas do grupo I; (iii) Os padrões de distribuição temporal das chuvas do grupo I são os que devem servir de referência para o desenvolvimento do hietograma da chuva de projeto.

INTRODUÇÃO

Os projetos de obras hidráulicas que visam o controle dos recursos hídricos ou a proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento, baseiam-se nos resultados dos estudos hidrológicos desenvolvidos para estimar a magnitude das vazões correspondentes às frequências de ocorrências desejadas ou vazões de projeto. Sempre que possível, essa estimativa deve ser obtida a partir da série histórica de vazões referente ao local da obra. No caso de pequenas bacias hidrográficas, essas séries históricas geralmente não existem. Neste caso, a estimativa da vazão de projeto é feita a partir da análise de chuvas intensas observadas numa ou mais estação meteorológica ou climatológica da região.

Para tanto, estima-se, para a frequência de ocorrência estabelecida, o total precipitado em um período igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica correspondente. Esse valor estimado deve ser corrigido em função da área da bacia, caso a mesma seja maior do que 25,9 km² (Gilman, 1964; World Meteorological Organization, 1969; Linsley et al, 1975). Finalmente, define-se qual o hietograma a ser atribuído para essa chuva. A definição desse hietograma afetará significativamente a forma e o pico de descarga do hidrograma do escoamento superficial decorrente.

Definida a chuva de projeto (curva de massa, duração e precipitação total), o procedimento seguinte é a determinação do hidrograma de cheia e identificação da vazão de projeto. Esse procedimento é encontrado na maioria dos livros textos e manuais de Hidrologia, como, por exemplo, no *Introduction to Hydrology* (Viessman Jr. et al, 1977) e no *National Engineering Handbook* do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (Mockus, 1965).

Para Pelotas, já foram concluídos os estudos referentes à estimativa da intensidade de uma chuva em função de sua duração e frequência de ocorrência (Goulart et al, 1992) e os correspondentes à definição do fator de redução da precipitação em função da área de abrangência considerada (Goulart, 1992). Resta, portanto, determinar o padrão de distribuição temporal das chuvas intensas.

Diferentes tipos de estimativa do padrão de distribuição temporal a ser atribuído a uma chuva de projeto foram discutidos por Pilgrim e Cordery (1975). Bonta e Rao (1987) compararam quatro procedimentos diferentes para definição do hietograma da chuva de projeto. Concluíram que o desenvolvido por Huff (1967) mostrou-se superior aos demais pelas seguintes razões: (1) Apresentou alto grau de flexibilidade, (2) as curvas de distribuição temporal foram desenvolvidas de acordo com critérios objetivos e (3) elas representaram melhor a variabilidade temporal que naturalmente ocorre numa chuva intensa. Huff (1967) apresentou os resultados do seu estudo em forma gráfica, relacionando a duração da chuva com a altura precipitada (expressas em percentagem) através de curvas de diferentes níveis de probabilidade. Essas curvas tornaram-se conhecidas como curvas de Huff. Segundo o autor, essa forma de apresentação permite a comparação entre chuvas intensas, além de simplificar a análise e a apresentação dos resultados. Os modelos de distribuição temporal apresentados como distribuição de probabilidade, permitem quantificar a variabilidade entre chuvas, bem como a sequência precipitada de cada uma. Bonta e Rao (1987) estudaram os efeitos de

três fatores que afetam o desenvolvimento das curvas de Huff: (a) o método de individualização de uma chuva intensa, (b) o intervalo de amostragem dos dados de precipitação, e (c) as estações do ano. Destes, apenas as estações do ano mostraram ter efeito significativo sobre o desenvolvimento das curvas de Huff.

Diante do acima exposto, este estudo teve por objetivos a determinação dos padrões de distribuição temporal (anual e estacional) das chuvas intensas em Pelotas, usando o método desenvolvido por Huff (1967), bem como a definição daqueles que devam servir de referência para o desenvolvimento do hietograma de uma chuva de projeto.

METODOLOGIA

Seleção das chuvas intensas

Os registros pluviográficos, correspondendo a um período de 39 anos consecutivos (1955 a 1993), foram fornecidos pela Estação Agroclimatológica da Universidade Federal de Pelotas - localizada a 31°32' de latitude e a 52°21'24" de longitude, numa altitude de 13 m acima do nível do mar, e está equipada com um pluviógrafo Fuess tipo sifão, com área de captação de 200 cm². O critério de independência entre precipitações adotado por Huff (1967) foi usado para individualizar uma chuva. De acordo com esse critério, uma chuva é considerada independente da seguinte se entre elas existir um período mínimo de seis horas consecutivas sem precipitação.

Para selecionar os eventos a serem analisados, seguiu-se um critério estabelecido a partir do adotado por Pfafstetter (1957). Segundo esse critério, são selecionadas todas as chuvas que, em qualquer período de tempo igual ou superior a 30 minutos (D), o total precipitado é pelo menos igual à precipitação mínima (P_{min}) estimada pela equação

$$P_{min} = 8,9914 \cdot D^{0,2466}$$

em que D é expresso em minutos e P_{mm} em milímetros. De acordo com os critérios adotados, foram selecionadas 232 chuvas intensas. Os dados de precipitação (altura precipitada e tempo) coletados do pluviograma referente à cada chuva intensa selecionada, correspondem aos pontos em que havia mudança na intensidade da chuva.

Distribuição temporal das chuvas

Em linhas gerais, o procedimento usado por Huff (1967) e adotado neste estudo é o seguinte:

Classificação das chuvas em grupos - As chuvas são classificadas em quatro grupos, de acordo com a distribuição do total precipitado em cada 25% de sua duração total. A chuva pertencerá ao grupo em que tiver havido a maior precipitação (maior percentagem da precipitação total) numa das quatro subdivisões definidas para a duração (0 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75% e 75 a 100%). Assim, pertencerá ao grupo I toda a chuva em que o maior valor precipitado ocorreu nos primeiros 25% de sua duração total.

Determinação da frequência das chuvas dentro de cada grupo - De cada chuva de um determinado grupo, determina-se a percentagem acumulada do total precipitado para cada 10% de sua duração total, isto é, para 10%, 20%, 30% até 90%. Portanto, a cada uma dessas percentagens de duração da chuva total corresponderá uma série de percentuais de precipitação, cujo número de elementos é igual à quantidade de chuvas classificadas no grupo. De cada uma das nove séries formadas, determina-se a probabilidade empírica acumulada. Neste estudo, usou-se a fórmula de Weibull (Haan, 1977)

$$P(X \geq x) = m / (N + 1)$$

em que m é o número de ordem de cada elemento da série, N o número total de

elementos de cada série e $P(X \geq x)$ a probabilidade empírica acumulada. Isto posto, determina-se a percentagem do total precipitado correspondente aos níveis de probabilidade de 10 a 90%, em intervalos de 10%. Nesse cálculo, quando necessário, usou-se a interpolação linear.

Construção das curvas de Huff dentro de cada grupo - Uma curva de Huff é uma isopleta de probabilidade da precipitação acumulada (%) para diferentes intervalos de tempo (%). Em outras palavras, uma curva corresponde a um padrão de distribuição temporal de uma chuva intensa associado a um nível de probabilidade de ocorrência. Para construir uma curva toma-se, de cada uma das nove séries acima referidas, o valor do percentual do total precipitado correspondente ao nível de probabilidade desejado. Assim, o padrão de distribuição temporal correspondente ao nível de probabilidade de 10%, indica que 10% das chuvas terão um padrão igual ou acima deste. Por sua vez, o nível de probabilidade de 90% pode ser interpretado como a distribuição que ocorrerá em 10% ou menos dos casos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frequência das chuvas

As 232 chuvas intensas selecionadas foram classificadas em quatro grupos, de acordo com o valor precipitado em cada 25% de sua duração total. A tabela a seguir mostra a distribuição dessas chuvas em cada grupo. Observa-se que as chuvas classificadas no grupo I foram as mais frequentes, superando a soma das pertencentes aos grupos II e III. Verifica-se, também, que as chuvas do grupo III foram mais frequentes do que as do grupo II, porém a diferença é de apenas 1,3%.

As chuvas intensas foram também analisadas, isolada ou conjuntamente, em função da estação do ano, da faixa de duração e do grupo.

Tabela 1. Frequência de ocorrência das chuvas por grupos.

Grupo	Frequência	
	Unidade	Porcentagem
I	102	44,0
II	46	19,8
III	49	21,1
IV	35	15,1

Distribuição das chuvas por estação -

Na análise da distribuição por estação, verificou-se que as chuvas mais frequentes foram as de verão, com 28,4% do total. As chuvas de outono e de primavera apresentaram praticamente a mesma frequência de ocorrência (em torno de 25,7%). O inverno foi, portanto, a estação com menor frequência de ocorrência de chuvas intensas (20,3%). Apesar da diferença verificada, pode-se dizer que as chuvas selecionadas apresentaram uma distribuição razoavelmente uniforme entre as estações.

A Tabela 2 mostra a frequência das chuvas por estação dentro de cada grupo. Verifica-se que as chuvas intensas mais frequentes nas estações de verão, outono, inverno e primavera foram, respectivamente, as dos grupos I, II, III e IV.

Tabela 2. Frequência das chuvas por estação em cada grupo (%).

Grupo	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Total
I	38,2	20,6	19,6	21,6	100,0
II	23,9	41,3	10,9	23,9	100,0
III	18,4	22,4	30,6	28,6	100,0
IV	20,0	22,9	20,6	37,1	100,0

Distribuição das chuvas por faixa de duração -

A frequência de ocorrência das chuvas, em geral, diminuiu com o aumento da duração das mesmas. Assim, de todas as chuvas selecionadas, as mais frequentes (com 31,9%) foram aquelas com duração igual ou inferior a 6 horas (Tabela 4). Aquelas com durações nos intervalos de 6 a 12 horas e de 12 a 18 horas, apresentaram frequências de ocorrência de 23,7% e 20,7%, respectivamente. As demais durações tiveram frequência menor do que 10%. Dentre os grupos, o grupo I registrou as maiores

frequências de ocorrência para todas as faixas de durações de chuvas, exceto para aquelas com duração entre 18 e 24 horas. Para essa faixa de duração, as chuvas mais frequentes pertencem ao grupo III.

Dentro de cada grupo, a análise revelou que as chuvas mais frequentes tem duração não superior a 18 horas. Conforme mostra a Tabela 3, aquelas com duração até 6 horas foram as mais frequentes nos grupos I e IV. Apresentaram a mesma frequência de ocorrência as chuvas do grupo II que tiveram duração até 6 horas e entre 6 e 12 horas. No caso do grupo III, as chuvas mais frequentes foram aquelas com durações entre 12 e 18 horas.

Tabela 3. Frequência das chuvas por faixas de duração (%).

Grupo	Intervalo de duração (horas)					
	≤6	6-12	12-18	18-24	24-48	>48
I	43,1	22,5	15,7	6,9	8,8	2,9
II	26,1	26,5	23,9	15,2	2,2	8,5
III	14,3	22,4	26,5	16,3	16,3	4,1
IV	31,4	25,7	22,9	2,9	14,3	2,9

A frequência das chuvas por faixas de duração de cada grupo (Tabela 3) multiplicadas pela frequência de ocorrência das chuvas do grupo correspondente (Tabela 1), resulta na frequência total de ocorrência das chuvas por faixa de duração, conforme mostra a Tabela 4. Observa-se, portanto, que a maior frequência total de ocorrência de cada faixa de duração, à exceção da faixa de 18 a 24 h, está no grupo I. Para essa faixa o grupo III apresenta maior frequência total de ocorrência.

Distribuição das chuvas por estação, faixa de duração e grupo -

Na análise de frequência por estação, duração e grupo, o grupo I apresentou, para todas as faixas de durações, a estação do ano com maior ocorrência de chuvas intensas. Para chuvas com duração até 6 horas, a estação com maior frequência foi a de verão. A estação de outono apresentou maior frequência para as chuvas com duração entre 6 e 18 horas;

enquanto que, para durações superiores a 18 horas, a estação de inverno foi a mais freqüente.

Tabela 4. Freqüência total de ocorrência das chuvas por faixa de duração e grupo.

Faixa de duração (%)	Grupo			
	I	II	III	IV
≤ 6	19,0	5,2	3,0	4,7
6 - 12	9,9	5,2	4,8	3,9
12 - 18	6,9	4,7	5,6	3,5
18 - 24	3,0	3,0	3,4	0,4
24 - 48	3,9	0,4	3,4	2,2
≥ 48	1,3	1,3	0,9	0,4
Total	44,0	19,8	21,1	15,1

Os grupos I e II, na verdade, apresentaram igual freqüência de ocorrência para as chuvas com duração entre 12 e 18 horas; o mesmo se verificando para os grupos I e III com relação às chuvas com duração acima de 48 horas. Resumindo, as chuvas de curta e pequena duração se concentraram na estação de verão; as de duração média, no outono e as de longa duração, no inverno.

Padrões de distribuição temporal das chuvas (curvas de Huff)

Os padrões anuais de distribuição temporal das chuvas intensas, associados a diferentes níveis de probabilidade, são mostrados nas Figuras 1 a 4. Para o nível de probabilidade de 50%, observa-se que os grupos I e II apresentaram a maior concentração da precipitação mínima esperada na primeira metade do tempo total de duração da chuva; enquanto que, nos grupos III e IV, essa maior concentração ocorreu na segunda metade do período chuvoso.

Para o padrão de distribuição temporal com 10% de chance de ocorrer, os grupos I e II apresentaram uma concentração ainda maior da precipitação mínima esperada na primeira metade da duração total da chuva. Por outro lado, os grupos III e IV mostraram uma distribuição mais uniforme, com praticamente 50% da precipitação ocorrendo em cada metade do período de chuva.

Exatamente o inverso dessa situação ocorreu com relação ao nível de probabilidade de 90%. Os grupos I e II passaram a apresentar um padrão de distribuição temporal mais uniforme; enquanto que os grupos III e IV mostraram uma concentração bem maior da precipitação mínima esperada na segunda metade da duração total da chuva.

Dentro de cada grupo, também foram determinadas as curvas de Huff correspondentes às chuvas intensas ocorridas em cada estação do ano. O efeito das estações sobre o desenvolvimento dessas curvas é mostrado nas Figuras 5 a 8, apenas para o nível de probabilidade de 50%.

Para todos os níveis de probabilidade, verificou-se que as estações do ano influenciaram apenas o desenvolvimento das curvas de Huff do grupo I. Porém, somente a curva de verão apresentou maior potencial erosivo do solo do que a curva anual. A diferença entre essas curvas tende a desaparecer com a diminuição da chance de ocorrência. Com relação aos demais grupos, as curvas anual e estacionais praticamente não apresentaram diferenças entre si.

Distribuição temporal da chuva de projeto

A chance total de ocorrência de um padrão de distribuição temporal estacional de um grupo específico é mostrada na Tabela 5. Os valores obtidos correspondem ao produto das freqüências estacionais de um grupo (Tabela 2) pela correspondente freqüência anual (Tabela 1).

Tabela 5. Chance total de ocorrência de um padrão de distribuição temporal estacional e anual (%).

Grupo	verão	outono	inverno	primavera	Ano
I	16,8	9,1	8,6	9,5	44,0
II	4,7	8,2	2,2	4,7	19,8
III	3,9	4,7	6,5	6,0	21,1
IV	3,0	3,4	3,1	5,6	15,1

Verifica-se, portanto, que um padrão de distribuição temporal estacional apresenta uma chance de ocorrência muito pequena

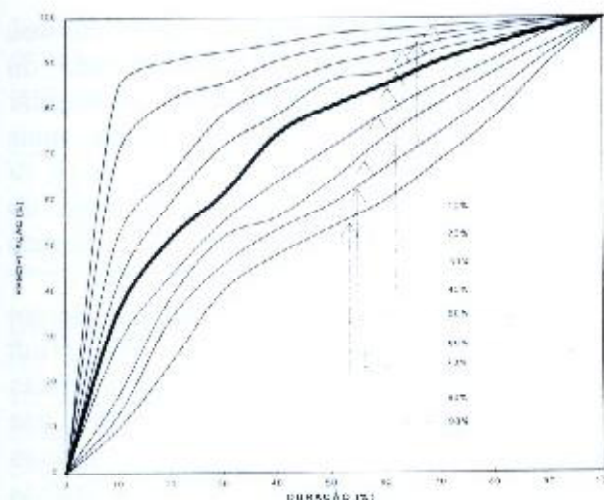


Figura 1. Distribuição temporal anual das chuvas intensas do Grupo I.

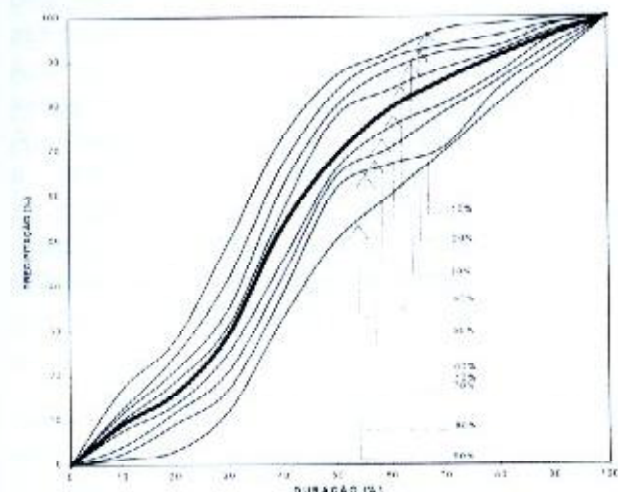


Figura 2. Distribuição temporal anual das chuvas intensas do Grupo II.

quando comparada à de um padrão anual. No caso do grupo I, por exemplo, a chance de ocorrência do padrão de distribuição temporal de verão é 2,6 vezes menor do que a do padrão anual. Tendo em vista esse fato e a discussão anterior, concluiu-se que apenas os padrões anuais de distribuição temporal devam ser considerados na definição do hietograma da chuva de projeto. Este deve ser desenvolvido a partir do padrão de distribuição temporal mais desfavorável, segundo o objetivo em consideração. Sob o ponto de vista agrícola, o padrão de distribuição mais desfavorável é o que produz o hietograma com maior potencial erosivo do solo; enquanto

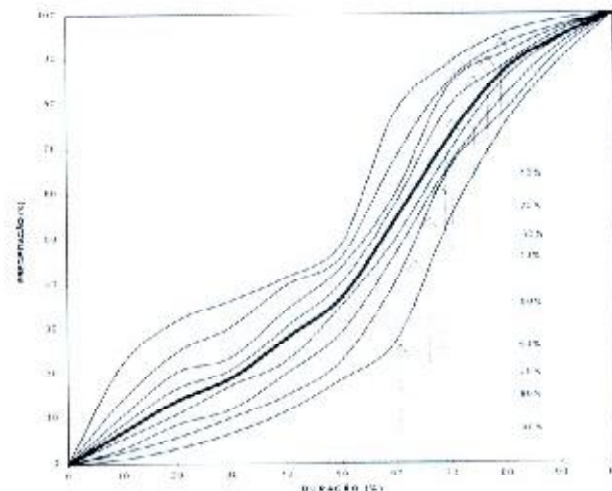


Figura 3. Distribuição temporal anual das chuvas intensas do Grupo III.

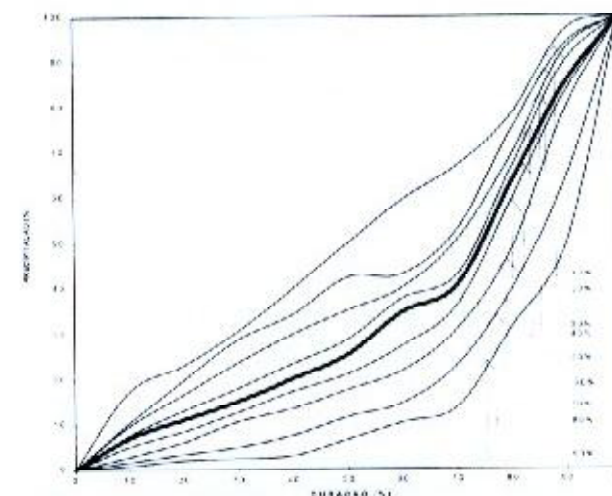


Figura 4. Distribuição temporal anual das chuvas intensas do Grupo IV.

que, sob o ponto de vista hidrológico, é o que resulta em hidrograma de cheia com maior pico de vazão.

Quanto mais afastada da linha imaginária correspondente à uma distribuição temporal perfeitamente uniforme estiver uma curva de Huff, mais desfavorável ela é sob qualquer ponto de vista. As curvas correspondentes às chuvas dos grupos I e II estão acima dessa linha imaginária; enquanto que as referentes às chuvas dos grupos III e IV estão abaixo dessa mesma linha. Em vista disso, a probabilidade de referência das curvas dos grupos III e IV deve ser a de não-excedência, ao invés da de excedência como

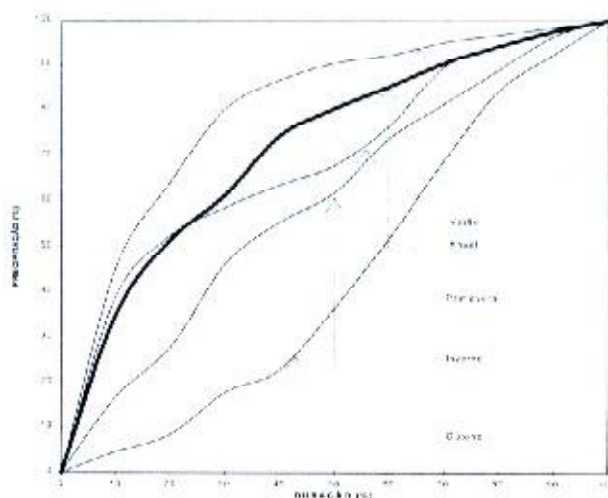


Figura 5. Distribuição temporal anual e sazonal com 50% de chance de ocorrência das chuvas intensas do Grupo I.

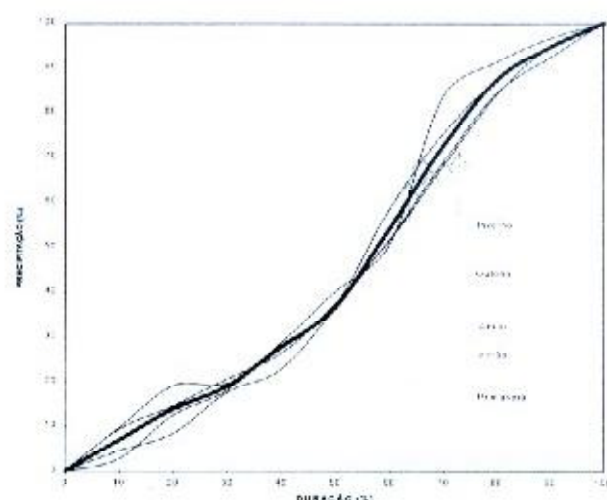


Figura 7. Distribuição temporal anual e sazonal com 50% de chance de ocorrência das chuvas intensas do Grupo III.

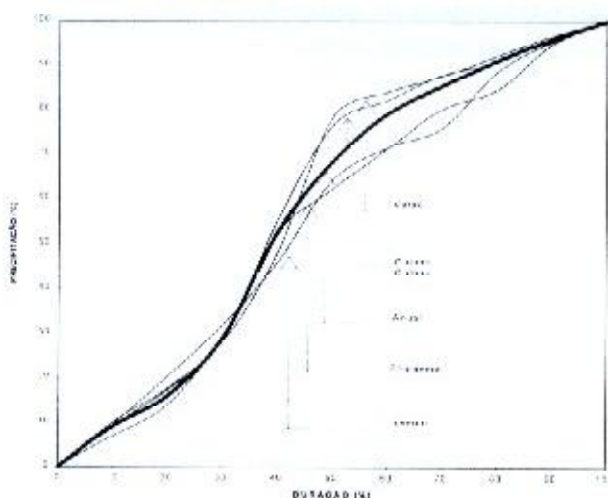


Figura 6. Distribuição temporal anual e sazonal com 50% de chance de ocorrência das chuvas intensas do Grupo II.

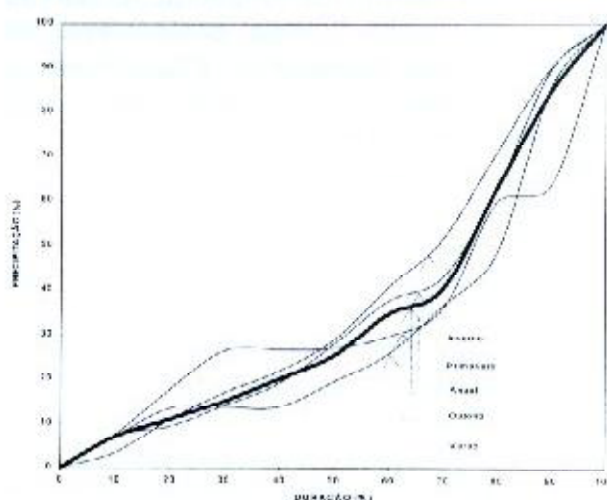


Figura 8. Distribuição temporal anual e sazonal com 50% de chance de ocorrência das chuvas intensas do Grupo IV.

até aqui considerada. Para tanto, os níveis de probabilidade das curvas de Huff desses grupos (Figuras 3, 4, 7 e 8) devem ser subtraídos de 100. Desta forma, uma curva correspondendo a uma probabilidade de excedência de 70%, passará a ser interpretada como uma distribuição temporal que ocorrerá em 30% ou menos dos casos. Além disso, como o desenvolvimento do hietograma da chuva de projeto geralmente é baseado na distribuição temporal correspondente à chance de ocorrência de 50% ou menos, a análise a seguir considerará

apenas os níveis de probabilidade de 10 a 50% (de excedência para os grupos I e II, e de não-excedência para os grupos III e IV).

Para identificar o padrão de distribuição temporal com maior potencial erosivo do solo, foram determinados, por grupo e nível de probabilidade, os maiores percentuais da precipitação mínima esperada em 10% de duração da chuva (Tabela 6). Observa-se que o grupo I apresentou os valores mais elevados para os níveis de probabilidade de 10 a 50%. Portanto, os padrões de distribuição temporal das chuvas

do grupo I são, além de mais frequentes (veja Tabela 1), também os mais desfavoráveis do ponto de vista agrícola.

Tabela 6. Percentual mais elevado da precipitação mínima esperada em cada 10% de duração da chuva.

Nível de probabilidade (%)	Grupo			
	I ⁽¹⁾	II ⁽¹⁾	III ⁽²⁾	IV ⁽²⁾
10	84,1	23,1	27,8	50,2
20	69,4	24,7	25,1	35,8
30	51,4	26,5	19,8	30,8
40	41,3	24,8	19,5	23,7
50	35,0	23,1	18,3	22,6

⁽¹⁾ Correspondem à probabilidade de excedência.

⁽²⁾ Correspondem à probabilidade de não-excedência.

Para determinar o padrão anual de distribuição temporal mais desfavorável do ponto de vista hidrológico, procedeu-se à simulação da vazão máxima de cheia correspondente a uma determinada chuva em uma bacia hidrográfica. Para tanto, usou-se o método do hidrograma triangular do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (Snider, 1972). Considerou-se uma chuva de 18 mm com duração de 6 h, uniformemente distribuída sobre uma bacia hidrográfica totalmente impermeável, com área de 1000 ha e tempo de concentração de 6 h.

Constatou-se que os grupos I e II apresentaram os valores mais elevados da vazão de pico, respectivamente, para os níveis de probabilidade de excedência de 10 a 30% e de 50%. Para o nível de 40% (probabilidade de não-excedência), a vazão máxima de cheia correspondeu ao grupo IV. As diferenças entre as vazões de pico estimadas pelos grupos I e II, com referência à probabilidade de 30 e 50%, foram de 0,14 e 5,11%, respectivamente. Com relação ao nível de 40%, a diferença entre tais vazões foi de 8,65%. Como essas diferenças podem ser consideradas pequenas e levando em conta que a chance de ocorrência das chuvas do grupo I é 2,2 vezes à do grupo II e 2,9 vezes à do grupo IV, concluiu-se que os padrões de distribuição temporal do grupo I devam servir de referência para o desenvolvimento do

hietograma da chuva a ser usada em projetos hidrológicos.

Para facilitar a construção do hietograma da chuva de projeto desejada, foram determinadas equações de ajuste aos padrões de distribuição temporal selecionados. De todos os modelos testados, o alométrico curvilíneo mostrou-se superior aos demais. A forma geral dessas equações de ajuste é

$$P = a \cdot D^{(b + c \cdot \log D)} \quad \text{para } D > \theta$$

$$\text{e } P = \theta \quad \text{para } D = \theta$$

onde P e $\log D$ são, respectivamente, a precipitação (%) e o logaritmo decimal da duração da chuva (%). Os demais símbolos são parâmetros da equação. A tabela a seguir mostra os valores desses parâmetros para os níveis de probabilidade de 10 a 50%, bem como os correspondentes coeficientes de correlação.

Tabela 7. Parâmetros e coeficientes de correlação das equações de ajuste aos padrões.

Probabilidade (%)	a	Parâmetros b	c	Coeficiente de correlação (%)
10	62,8838	0,1531	0,0262	0,9977
20	33,6766	0,3952	0,0796	0,9984
30	12,0127	0,7961	0,1676	0,9979
40	6,3059	1,0313	0,2159	0,9995
50	5,6018	0,9570	0,1645	0,9988

CONCLUSÕES

Com os dados disponíveis para análise e de acordo com a metodologia de trabalho empregada os resultados mostraram o seguinte:

- As chuvas intensas mais frequentes em Pelotas são as do grupo I. Neste grupo estão as chuvas mais frequentes de qualquer duração, exceto aquelas com duração de 18 a 24 h.
- O efeito estacional sobre o desenvolvimento das curvas de Huff foi marcante apenas para as chuvas classificadas no grupo I. Nos demais

grupos, esse efeito praticamente não existiu.

- iii. Os padrões de distribuição temporal das chuvas do grupo I são os que devem servir de referência para o desenvolvimento do hietograma da chuva de projeto, quer sob o ponto de vista agrícola ou hidrológico.

REFERÊNCIAS

- BONTA, J. V. e RAO, A. R. 1987. Factors affecting development of Huff curves. *Transactions of the ASAE*, Vol. 30(6): 1689 - 1693.
- BONTA, J. V. e RAO, A. R. 1988. Comparison of four design-storm hyetograph. *Transaction of the ASAE*, Vol. 31(1): 102 - 106.
- GILMAN, C. S. 1964. Rainfall. In: Ven Te Chow (Ed.) *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Co., New York, Section 9.
- GOULART, Jau P.; MAESTRINI, Angela P. e NEBEL, Álvaro L. 1992. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 7(1): 543 - 552.
- GOULART, Jau P. 1992. Distribuição espacial de chuvas intensas na região de Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 7(1): 553 - 562.
- HAAN, C. T. 1977. *Statistical methods in hydrology*. 1a. Ed. The Iowa State University Press, Iowa.
- HUFF, F. A. 1967. The distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research*, Vol. 3(4): 1007 - 1019.
- MOCKUS, V. 1967. Design Hydrographs. In: *Soil Conservation Service National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology. Washington D.C., USDA/SCS. Chapter 21, 115 p.
- PFASTETTER, Otto. 1957. *Chuvas intensas no Brasil*. Ministério de Viação e Obras Públicas, DNOS.
- PILGRIM, D. H. e CORDERY, I. 1975. Rainfall temporal patterns for design floods. *Journal of the Hydraulics Division*, HY(1): 81 - 95.
- SNIDER, Dean. 1972. Hydrographs. In: *Soil Conservation Service National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology. Washington D.C. USDA / SCS, Chapter 16, 26p.
- VISSMAN JR., W.; KNAPP, J.; LEWIS, G. L. & HARBAUCH, T. E. 1977. *Introduction to Hydrology*. Harper & Row Publisher, New York, 704 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1969. *Manual for depth-area- duration analysis of storm precipitation*. WMO., No. 237, Geneva, Technical Paper 129, 31p.

Time distribution of intense rainfalls in Pelotas, RS

ABSTRACT

For small watersheds, where series of measured discharges usually do not exist, the estimate of the design flood flow can be made by using the results of the intense rainfalls analysis for the region. One of the important elements of this analysis is the definition of the intense rainfalls temporal distribution patterns that can be used as references to the development of the storm design hyetograph. Considering that such patterns are not available for Pelotas, the objective of this study was to determine the annual and seasonal intense rainfalls time distribution patterns, following the methodology used by Huff (1967), and to identify those patterns more appropriated for the determination of the storm design hyetograph. According to his method, the intense rainfalls are classified into four groups based on the maximum storm intensity in one of the four storm quartiles. From each of these groups, the empirical probability distribution of dimensionless storm depth, is determined for different dimensionless elapsed times. With these data, curves (Huff curves) relating accumulated dimensionless storm depth to accumulated dimensionless time can be drawn for different probability levels. A Huff curve, therefore, corresponds to a time distribution pattern regarding to a chance of occurrence. The results showed the following: (i) The most frequent intense rainfalls in Pelotas are those of group I; (ii) The effect of season upon the development of the Huff curves was pronounced only for the rainfalls of the group I; (iii) The time distribution patterns of rainfalls in group I are those that must be used as references to the development of the storm design hyetograph.