

Hidrologia Física (ERHA7017)

Aula 08 - Precipitação

*Hietograma de Projeto
e
Precipitação Máxima Provável*

Roteiro de Aula

- 1) Hietograma de projeto baseado na IDF
- 2) Precipitação Máxima Provável (PMP)
- 3) PMP - Métodos Hidrometeorológicos
- 4) PMP - Métodos Estatísticos

Hietograma de projeto baseado na IDF

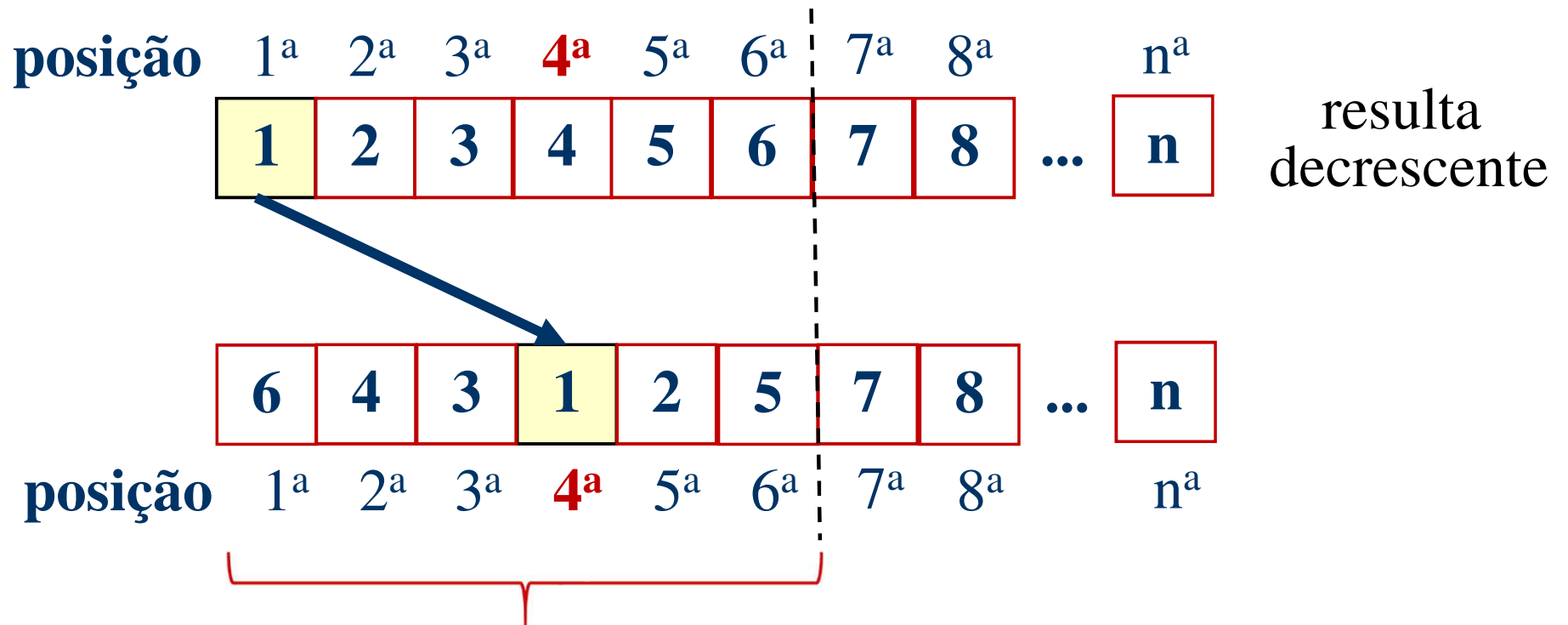
Método do Bureau of Reclamation: método utilizado para o cálculo da precipitação de projeto do modelo SCS (*Soil Conservation Service*).

Procedimento:

- 1) determinar as precipitações referentes a diferentes durações (*mínimo de seis durações*) até o tempo de concentração;
- 2) determinar os incrementos de chuva correspondentes a cada incremento de duração;
- 3) rearranjar os incrementos de chuva da seguinte forma: 6, 4, 3, 1 (*maior chuva*), 2, 5.

Hietograma de projeto baseado na IDF

Método do Bureau of Reclamation: rearranjo das chuvas.



Rearranjo nos 6 primeiros intervalos de tempo

Hietograma de projeto baseado na IDF - Exemplo numérico

Estabelecer o hietograma de projeto para uma bacia hidrográfica localizada na cidade de Curitiba, supondo-se que o tempo de concentração é de aproximadamente 90 minutos. Adotar tempo de recorrência (T) igual a 5 anos.

Hietograma de projeto baseado na IDF - Exemplo numérico

Solução: Curitiba -Prof. Parigot de Souza (1959):

$$\text{IDF: } \bar{t} = \frac{5950 T^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}}$$

onde: \bar{t} = intensidade média de chuva (*mm/h*);

t_d = tempo de duração (*minuto*);

T = tempo de recorrência (*ano*).

Hietograma de projeto baseado na IDF - Exemplo numérico

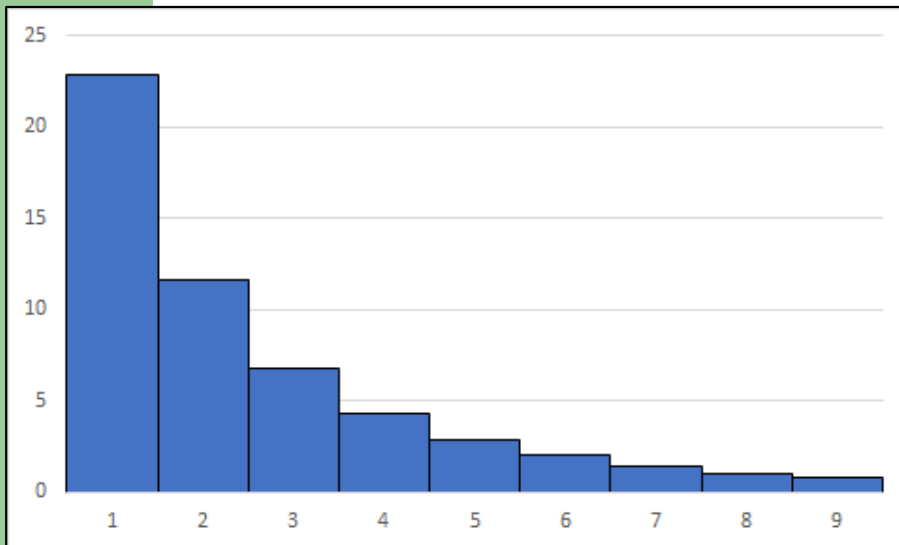
i	t (min)	i (mm/h)	P _{acum} (mm)	P _i (mm)	P _i (mm)
1	10	136,9	22,8	22,8	2,0
2	20	103,3	34,4	11,6	4,3
3	30	82,4	41,2	6,8	6,8
4	40	68,2	45,5	4,3	22,8
5	50	58,0	48,3	2,9	11,6
6	60	50,3	50,3	2,0	2,9
7	70	44,3	51,7	1,4	1,4
8	80	39,5	52,7	1,0	1,0
9	90	35,7	53,5	0,7	0,7
					rearranjo

$$\bar{i} = \frac{5950 T^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}}$$

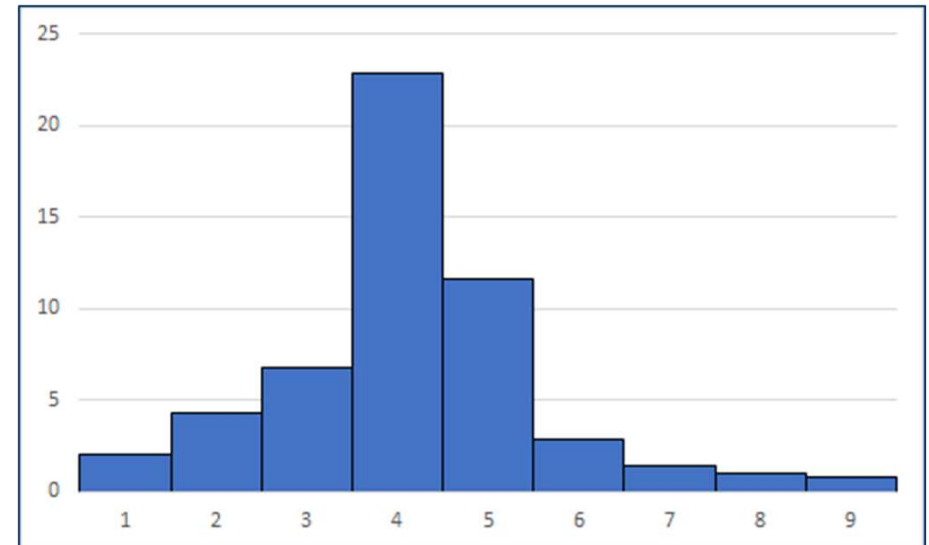
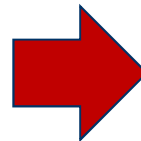
$$P = \bar{i} t$$

diferença entre
acumulados

Hietograma de projeto baseado na IDF - Exemplo numérico



Hietograma original



Hietograma resultante do rearranjo

Hietograma de projeto baseados na IDF

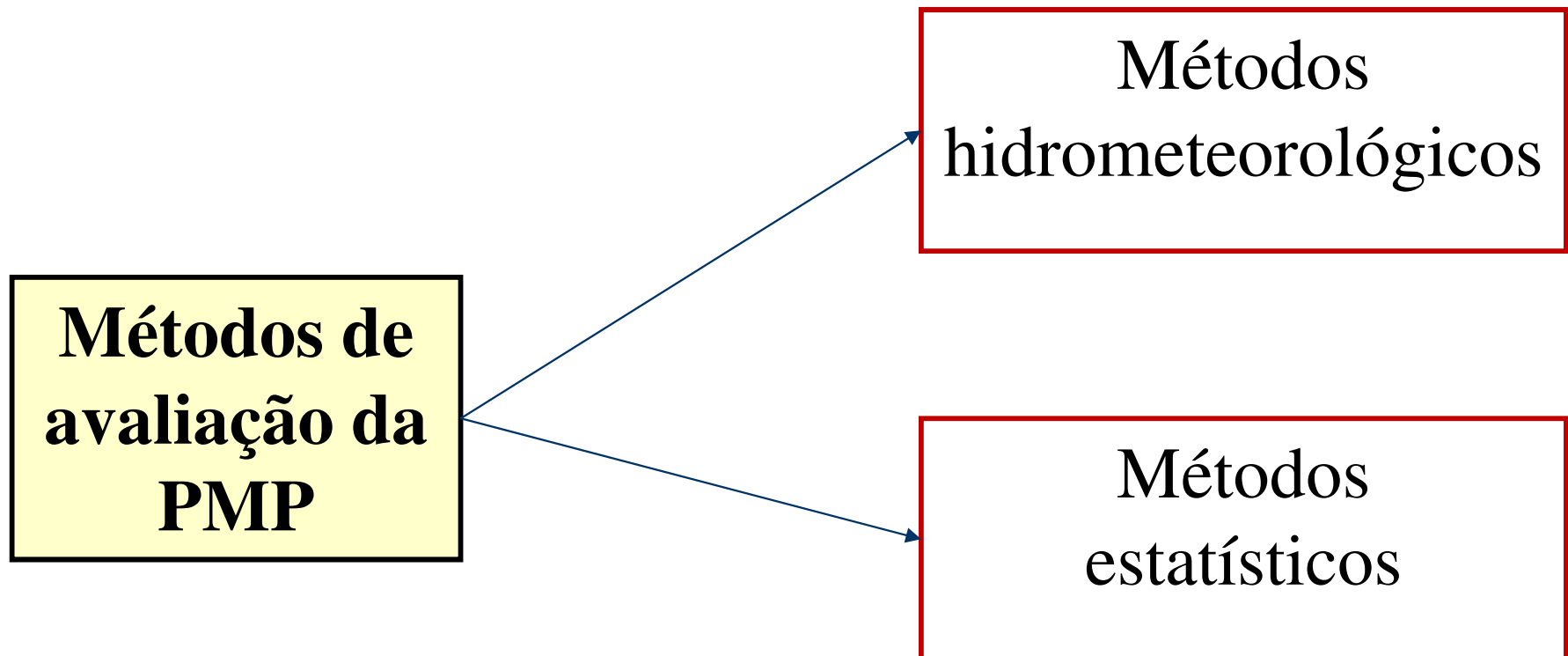
Outros métodos: ver artigos.

Precipitação Máxima Provável (PMP)

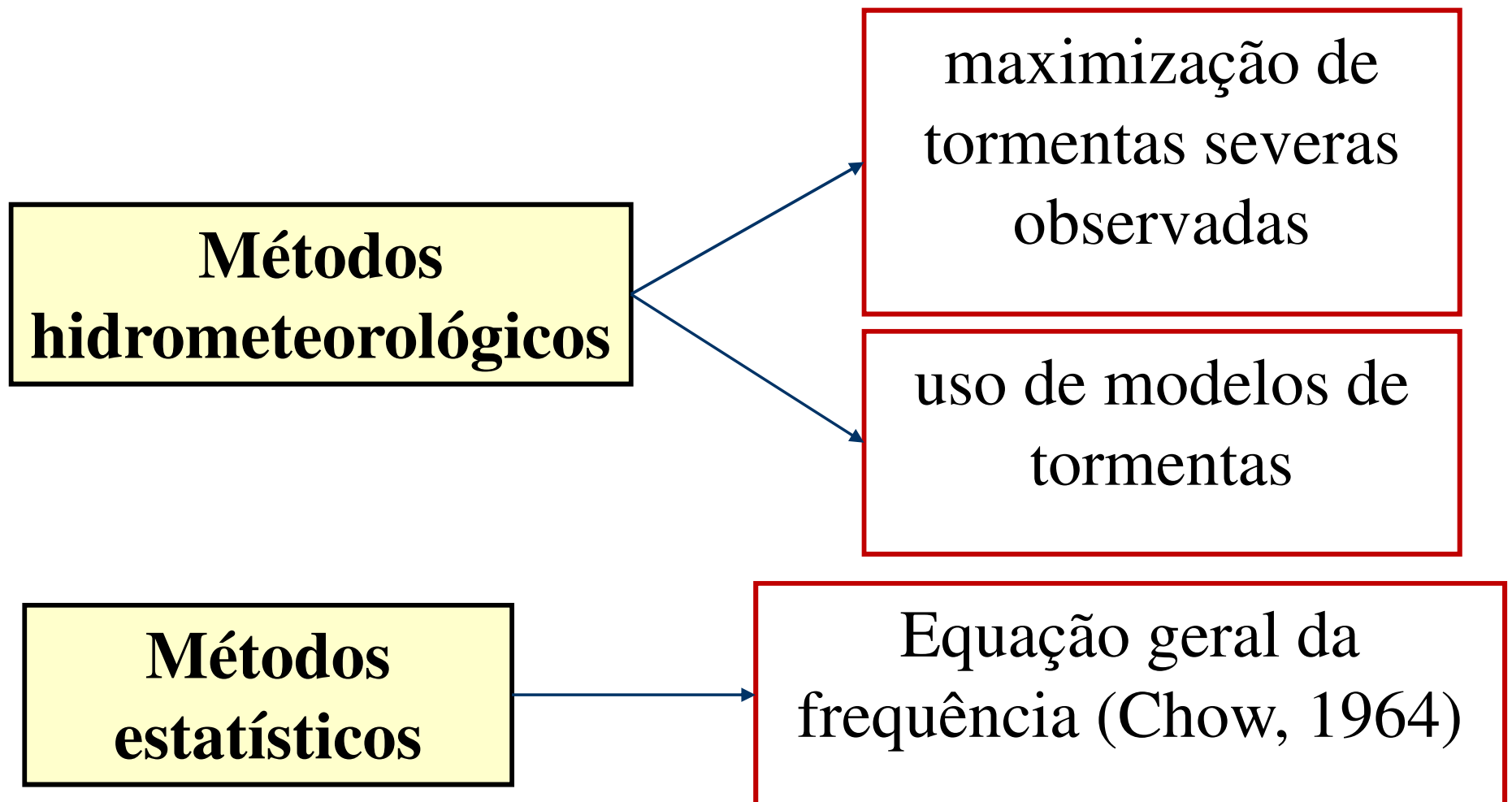
Precipitação Máxima Provável (PMP): “*limite superior*” de precipitação em um dado local, resultado da interação de vários fatores meteorológicos e com base na existência de uma quantidade de massa atmosférica constante ao nível da Terra.

Visão alternativa: A precipitação máxima provável (PMP) representa um evento de precipitação cuja superação apresenta uma probabilidade muito baixa.

Precipitação Máxima Provável (PMP)



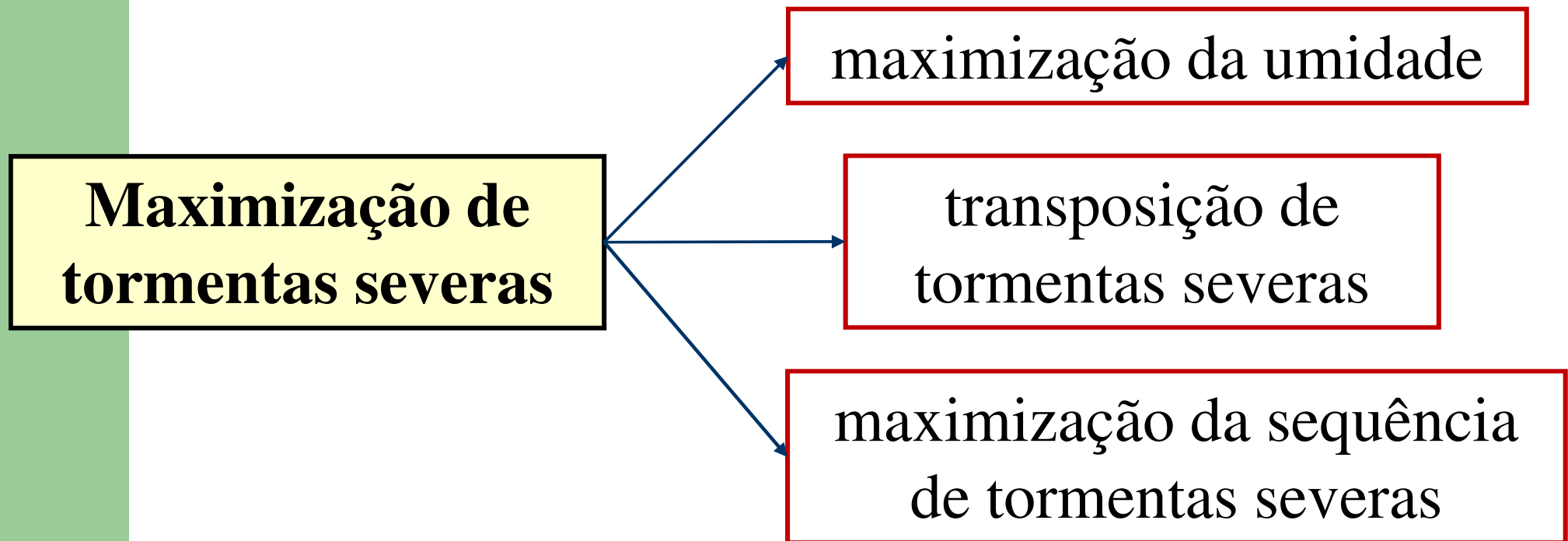
Precipitação Máxima Provável (PMP)



PMP - Métodos Hidrometeorológicos

maximização de tormentas severas: envolve o uso de técnicas de maximização da umidade, maximização espacial (*transposição*) e maximização da sequência de tormentas severas.

PMP - Métodos Hidrometeorológicos



Obs: aplicável quando existem dados meteorológicos/pluviométricos de um número significativo de tormentas severas na região de estudo.

PMP - Métodos Hidrometeorológicos

Maximização da umidade

Hipóteses básicas:

a altura de precipitação observada é **diretamente proporcional** à massa de vapor de água na atmosfera (*altura de água precipitável*).

A condição extrema de chuva é obtida somente pela **maximização** da referida massa de vapor de água.

PMP - Métodos Hidrometeorológicos

Maximização da umidade

Procedimento:

- a) seleção das maiores chuvas observadas na região;
- b) obtenção da umidade *representativa* e *máxima provável* de cada evento selecionado;
- c) cálculo dos fatores de maximização da umidade;
- d) estimativa das chuvas maximizadas.

PMP - Métodos Hidrometeorológicos

Transposição de tormentas severas (*maximização espacial*)

Transposição

Número de tormentas severas observadas é insuficiente.

É válida se existem reais condições de que a tormenta possa ocorrer na bacia.

As duas regiões devem ser meteorologicamente homogêneas.

Obs: duas regiões são **meteorologicamente homogêneas**, quando estão sujeitas à incursão das mesmas massas de ar e aos mesmos tipos de tormentas.

PMP - Métodos Hidrometeorológicos

Transposição de tormentas severas (*maximização espacial*)

Transposição



A transposição é realizada multiplicando-se a altura pluviométrica da tormenta observada por um ou mais **fatores**, usados para representar as diferenças das condições das duas áreas.



Fatores:

topográficos, morfológicos, geométricos e de orientação da bacia.

PMP - Métodos Hidrometeorológicos

Maximização da sequência de tormentas severas
(*maximização temporal*)

**Maximização
da sequência**

a área de drenagem da bacia é significativamente superior à extensão das tormentas.

define-se a sequência temporal mais adversa entre as máximas precipitações acumuladas e a propagação das enchentes.

Referência: *Probable Maximum Storm Sequence* (Myers, 1981).

PMP - Métodos Estatísticos

Métodos estatísticos

Permitem uma rápida estimativa da PMP.

Existem dados de precipitação, mas os dados meteorológicos são escassos.

O método mais aceito é proposto por Hershfield (1961, 1965), recomendado para bacias de até 1.000 km².

Método de Hershfield: é baseado na maximização do fator de recorrência da equação geral de frequência (Chow, 1964)

PMP - Métodos Estatísticos

**Equação geral de
frequência (Chow, 1964):**

$$X_T = \bar{X}_n + K_T S_n$$

onde:

x_T = precipitação com tempo de recorrência T ;

\bar{X}_n = média da série de n máximos anuais de precipitação;

S_n = desvio-padrão da série de n máximos anuais de precipitação;

K_T = fator de recorrência para o tempo de recorrência T .

PMP - Métodos Estatísticos

Estimativa de K_T (Sugai e Fill, 1990):

Distribuição assintótica exponencial: assimetria = 2.

$$K_T = \ln(T) - 1$$

Distribuição assintótica de Gumbel: assimetria = 1,1396.

$$K_T = 0,7797 \ln(T) - 0,45$$

PMP - Métodos Estatísticos

Equação geral de frequência (Chow, 1964):

$$X_T = \bar{X}_n + K_T S_n$$

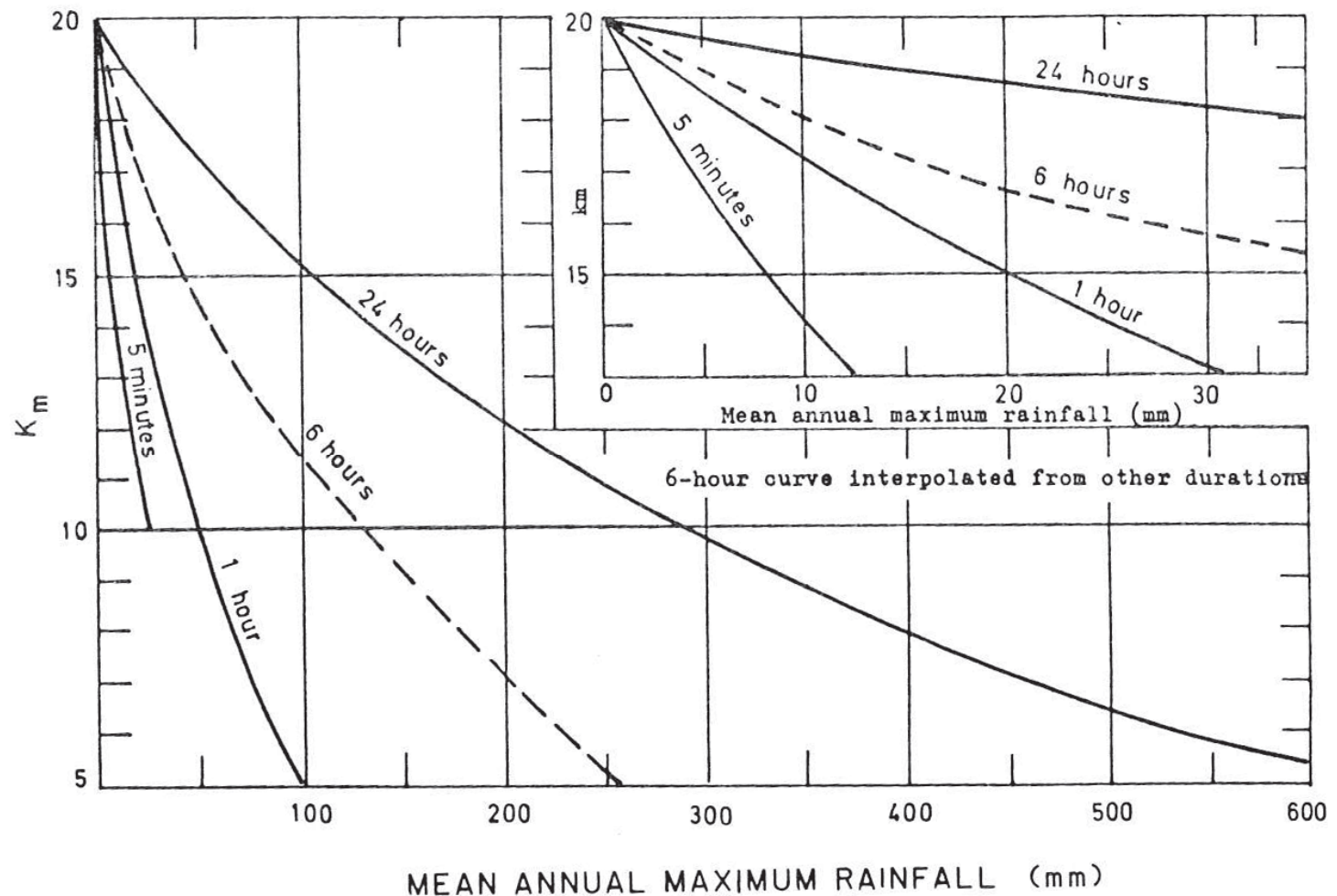
Se a maior chuva possível (PMP), representada por X_m , substitui a chuva para o tempo de recorrência T (X_T), então a equação geral da frequência pode ser escrita como:

$$X_m = \bar{X}_n + K_m S_n$$

onde K , não está mais associado a um tempo de recorrência T , mas representa o número de desvios-padrão para se obter X_m .

PMP - Métodos Estatísticos

**Determinação
de K_m**



PMP - Métodos Estatísticos

Exemplo numérico

Comparar as estimativas da PMP pelo método estatístico e da precipitação decamilenar para a estação pluviométrica Curitiba (02549006) para chuvas de 24 h.

PMP - Métodos Estatísticos

Exemplo numérico

A partir dos dados observados (período 1889-2019), tem-se os seguintes parâmetros estatísticos para a série de precipitações diárias máximas anuais.

n =	129
média =	76,2
DP =	22,7
assim. =	0,96

PMP - Métodos Estatísticos

Exemplo numérico

Estimativa da PMP

$$X_m = \bar{X}_n + K S_n$$

$$\bar{X}_n = 76,2 \text{ mm}$$

$$S_n = 22,7 \text{ mm}$$

$$K_m \cong 16,5$$

$$K_m \cong 450,8 \text{ mm}$$

PMP - Métodos Estatísticos

Exemplo numérico

Estimativa da Precipitação Decamilenar

$$X_T = \bar{X}_n + K_T S_n$$

$$\bar{X}_n = 76,2 \text{ mm}$$

$$S_n = 22,7 \text{ mm}$$

$$\text{Assim.} = 0,96$$

$$K_{10000} = 6,7 \quad (\text{Gumbel})$$

$$K_m \cong 228,3 \text{ mm}$$