



# HIDROLOGIA

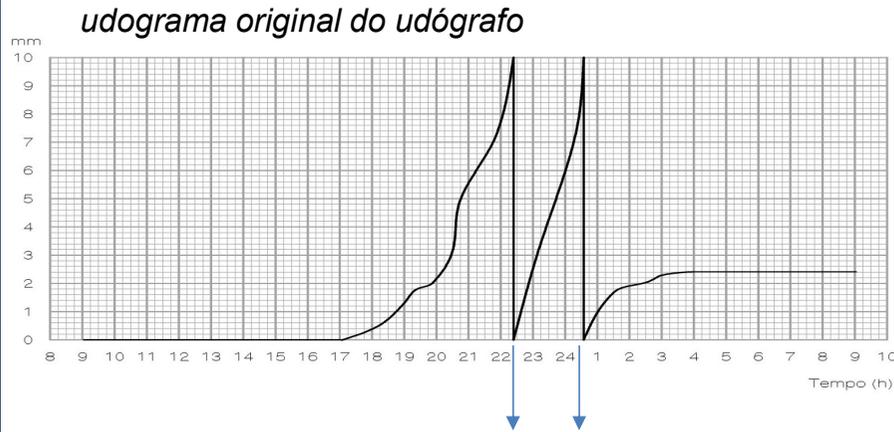
## Aula prática 3

### Precipitação:

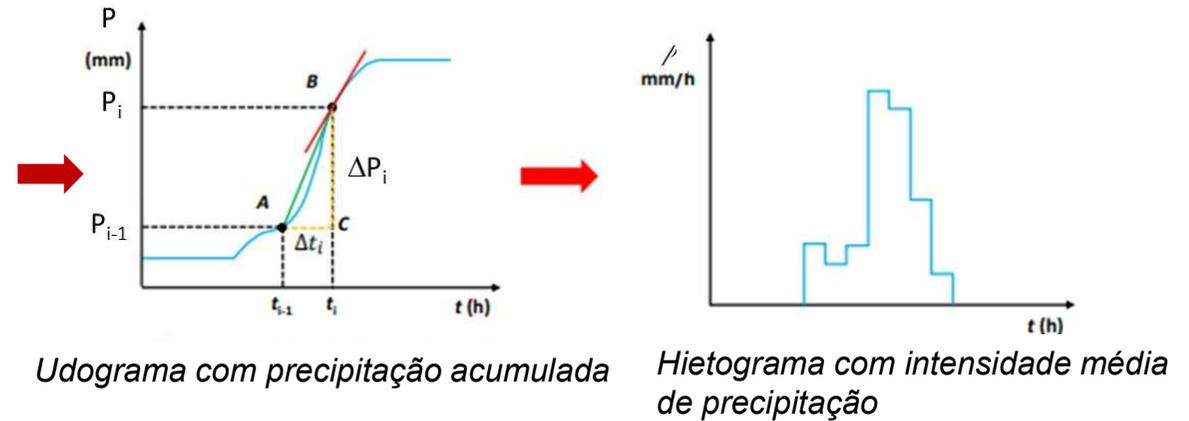
- 3.1 Obtenção de dados de base: extração de hietogramas com diferentes intervalos de discretização
- 3.4 Obtenção da precipitação média sobre uma área
- 3.3 Preenchimento de falhas numa série de precipitação

### 3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE BASE

As alturas de precipitação medidas em **udógrafos** são registadas sob a forma de **udogramas** (analógicos ou digitais), a partir dos quais é necessário extrair valores relativos a curtos intervalos de tempo, inferiores ao dia, normalmente sob a forma de **hietogramas**.



Leitura +  
10 mm      Leitura +  
10 mm



$P$  – precipitação acumulada (mm)  
 $p$  – intensidade de precipitação (mm h<sup>-1</sup>)

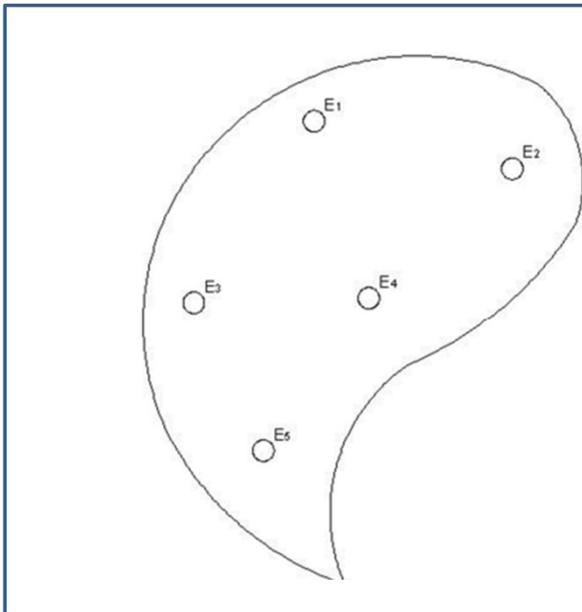
$$\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$$

$$p_i = \frac{\Delta P_i}{\Delta t_i}$$

### 3.4. PRECIPITAÇÃO MÉDIA SOBRE UMA ÁREA

As precipitações obtidas com udómetros ou udógrafos, de área reduzida, podem considerar-se como **pontuais** (ao contrário dos valores estimados com radar ou satélite), sendo a **precipitação não uniforme sobre uma grande área**.

Geralmente, para os estudos hidrológicos, interessa-nos conhecer a **precipitação média sobre uma determinada zona** (uma bacia hidrográfica por exemplo, ou um perímetro de rega) e não a pontual medida.



Para estimar um valor de precipitação médio sobre uma área,  $\bar{P}$ , recorre-se normalmente à **média ponderada** das precipitações pontuais:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^{N_e} \alpha_i P_i \quad \sum_{i=1}^{N_e} \alpha_i = 1$$

Como obter os pesos?

Sendo:

$P_i$  a precipitação medida na estação  $i$ ;

$\alpha_i$  o peso dado à estação  $i$ ;

$N_e$  o nº de estações usadas.

Como determinar os **pesos** a atribuir a cada estação?

- média aritmética
  - método de Thiessen
  - método das isoietas
  - método do inverso do quadrado da distância
- 

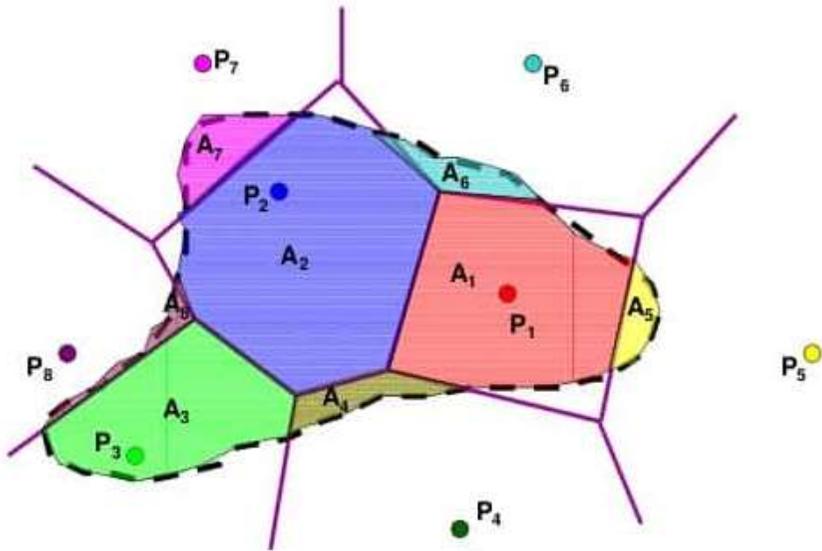
#### a) Média aritmética

- É atribuído o **mesmo peso** a todas as estações;
- Método com interesse **apenas em bacias hidrográficas com uma densidade de estações elevada e homogénea e com orografia não pronunciada;**
- Só se devem utilizar as estações localizadas **dentro da bacia.**

## b) Método de Thiessen

Considera que a precipitação ocorrida numa estação se distribui uniformemente no espaço, dentro de um polígono (de Thiessen) ou área de influência, cujos pontos estão mais próximos dessa estação do que de qualquer outra.  $P_1, P_2, \dots$  são as estações vizinhas

- os pesos relativos ( $\alpha$ ) para cada estação são determinados pelas respectivas áreas, calculadas pela aplicação do método dos polígonos de Thiessen;
- as fronteiras dos polígonos são formadas pelas mediatrizes das linhas que unem dois postos adjacentes.



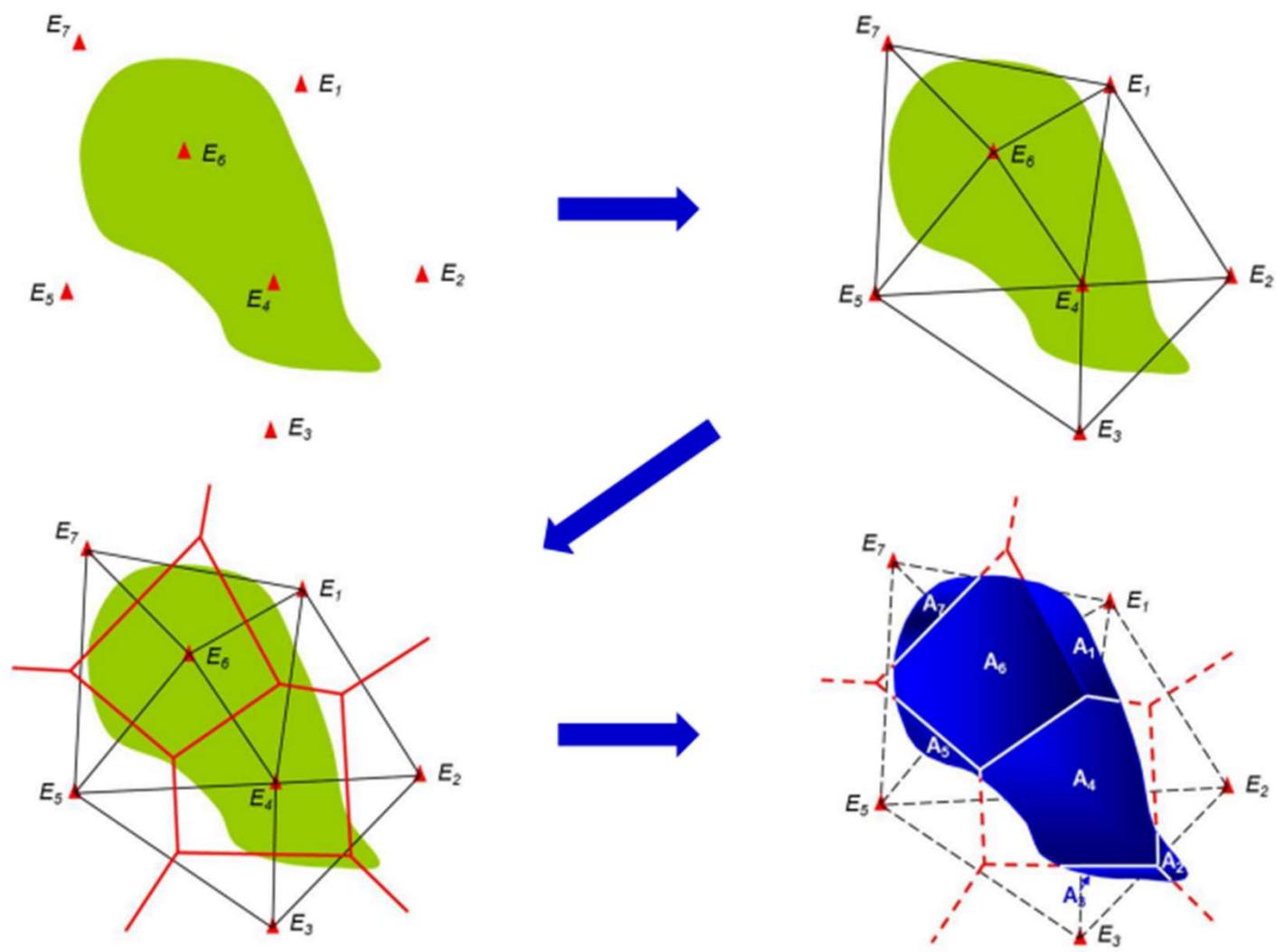
$$\bar{P} = \sum_{i=1}^{N_e} \alpha_i P_i \quad \text{com} \quad \alpha_i = \frac{A_i}{A}$$

$$\bar{P} = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

--- Área para a qual se pretende determinar a precipitação média  $\bar{P}$

$P_i$  precipitação em cada uma das estações udométricas que influenciam a área

$A_i$  as subáreas influenciadas por cada estação  $i$



Etapas da construção dos polígonos de Thiessen

## Considerações

- o método de Thiessen, normalmente, é mais preciso que o método da média aritmética, podendo ser utilizados postos fora da área da bacia em estudo;
- no entanto o mesmo não é flexível (quando há perda de dados de um determinado posto num certo período de tempo ou cada vez que é efetuada uma mudança nos postos de medição é necessário construir um novo traçado dos polígonos);
- o método não considera diretamente as influências orográficas nas chuvas ou variações de distribuições espaciais de intensidade de uma chuva.

### c) Método das isoietas

Exige o traçado das isoietas (lugar geométrico dos pontos com a mesma quantidade de precipitação num determinado intervalo de tempo). Podem ser desenhadas para um determinado evento de precipitação ou para um determinado período

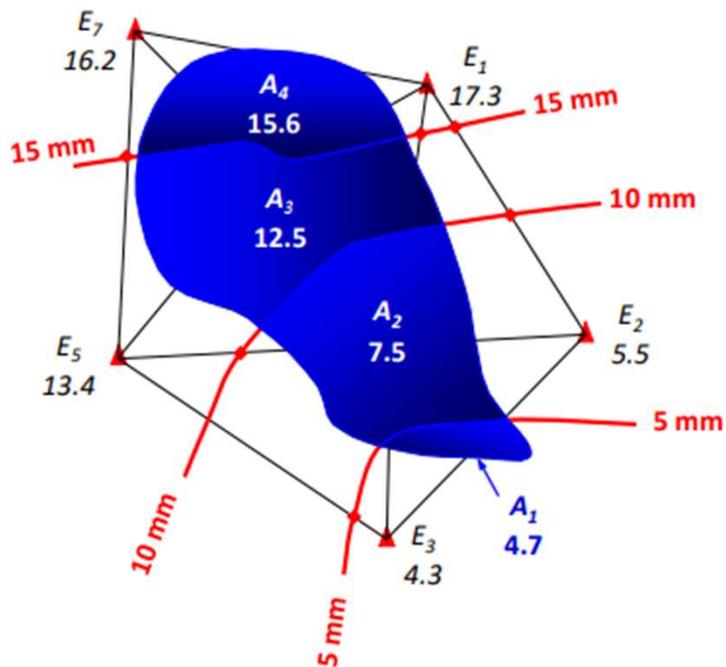


Figura 9 Exemplo do método das isoietas

$$\bar{P}_i = \frac{P_i + P_{i+1}}{2}$$

$$\alpha_i = \frac{\text{área entre as isoietas } i \text{ e } i+1}{\text{área total}}$$

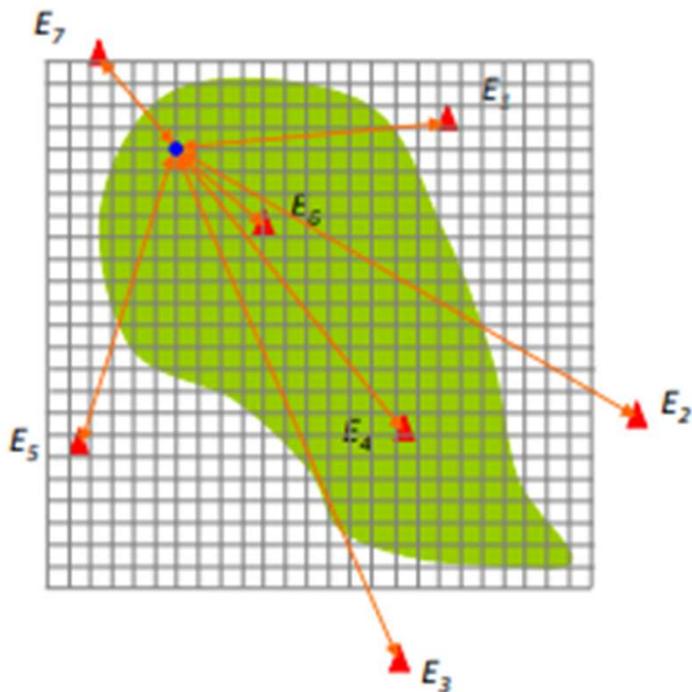
## Considerações

- O método das isoietas é bastante flexível e o conhecimento do modelo de tempestade pode influenciar o traçado das isoietas, mas uma densidade de postos relativamente alta é necessária para a correta construção dos mapas para uma tempestade complexa.
- O método das isoietas fornece resultados mais corretos do que o método de Thiessen, mas é mais trabalhoso, pois exige o traçado das isoietas para cada caso analisado, ao contrário do método de Thiessen, em que as áreas de influência são sempre as mesmas.

d) Método do inverso do quadrado da distância

Estima-se a quantidade de precipitação em todos os nós de uma malha;

A precipitação média sobre a bacia é a média aritmética das precipitações estimadas em cada nó



Exemplo do método do inverso da quadrado da distância

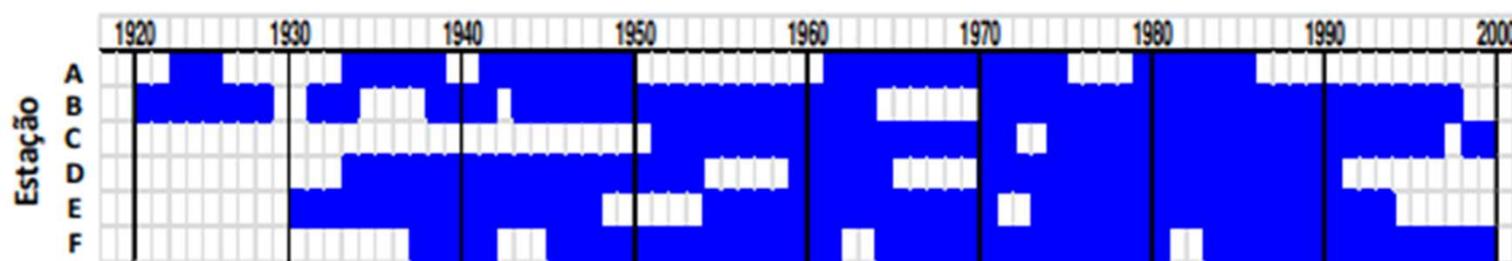
$$P_{nó} = \frac{\sum_{i=1}^{N_e} \frac{P_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^{N_e} \left(\frac{1}{d_i^2}\right)} \quad N_e \text{ nº de estações}$$

$d_i$  = distância entre os nós e a estação  $i$

$$\bar{P} = \frac{\sum_{j=1}^{N_n} P_{nó j}}{N_n} \quad N_n \text{ nº de nós}$$

### 3.3. PREENCHIMENTO DE FALHAS

Consiste em aplicar **técnicas de interpolação de valores de estações envolvidas**



Identificação dos períodos com dados de precipitação anual em 6 estações meteorológicas

- As técnicas mais simples não se devem utilizar para estimar mais de 5 - 10 % de um registo (WMO, 1994)
- Para períodos mais longos têm de se utilizar métodos mais elaborados, que preservem as características estatísticas das séries, nomeadamente técnicas desenvolvidas originalmente para efetuar extensão de dados (não estudada no contexto desta UC).

### 3.3.1 Métodos para valores diários ou superiores

A – a utilização de **apenas uma estação próxima** pode considerar-se para intervalos de tempo não muito pequenos, iguais ou acima do mês.



Técnicas simples:

- **regressão linear simples** da estação a preencher falhas sobre uma estação próxima

B - utilização de **várias estações** envolventes à estação com falhas



Técnicas simples:

- **método da razão normal;**
- **método do inverso do quadrado da distância.**



Técnicas mais complexas:

- **regressão linear múltipla,**
- **utilização de isoietas ou**
- **Kriging (geoestatística).**

## Método da regressão linear simples ou múltipla:

A obtenção dos dois parâmetros da regressão pode fazer-se no excel, adicionando como linha de tendência a regressão linear

Simple: relaciona as precipitações da estação com falhas com as precipitações de um posto vizinho

$$y = a \cdot x + b$$

$$P_y = a \cdot P_i + b$$

Múltipla: relaciona as precipitações da estação com falhas com as precipitações de vários postos vizinhos

$$y = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + b$$

$$P_y = a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_2 + a_3 \cdot P_3 + \dots + b$$

$P_y$  é a precipitação a estimar devido à falha;  $P_i$  é a precipitação para o mesmo período na estação  $i$  sem falhas.

## Método da regressão linear com pesos:

Atribuem-se pesos diferentes às várias estações envolvidas. A soma dos pesos de todas as estações deve ser 1.

### Método da razão normal:

$y$  é a estação com falhas;  $N_e$  é o nº de estações envolventes sem falhas;  $P$  é a altura de precipitação para o intervalo de tempo considerado;  $\bar{P}$  é a precipitação média anual.

$$P_y = \frac{1}{N_e} \sum_{i=1}^{N_e} \frac{\bar{P}_y}{\bar{P}_i} P_i$$

Normalmente usam-se 3 a 4 estações envolventes (pode conduzir a erros até 30%, Singh 1989).

### Método do inverso do quadrado da distância:

Normalmente usam-se 4 estações envolventes situadas nos 4 quadrantes:

$$P_y = \frac{1}{\sum_{i=1}^{N_e} \frac{1}{d_i^2}} \sum_{i=1}^{N_e} \frac{P_i}{d_i^2}$$

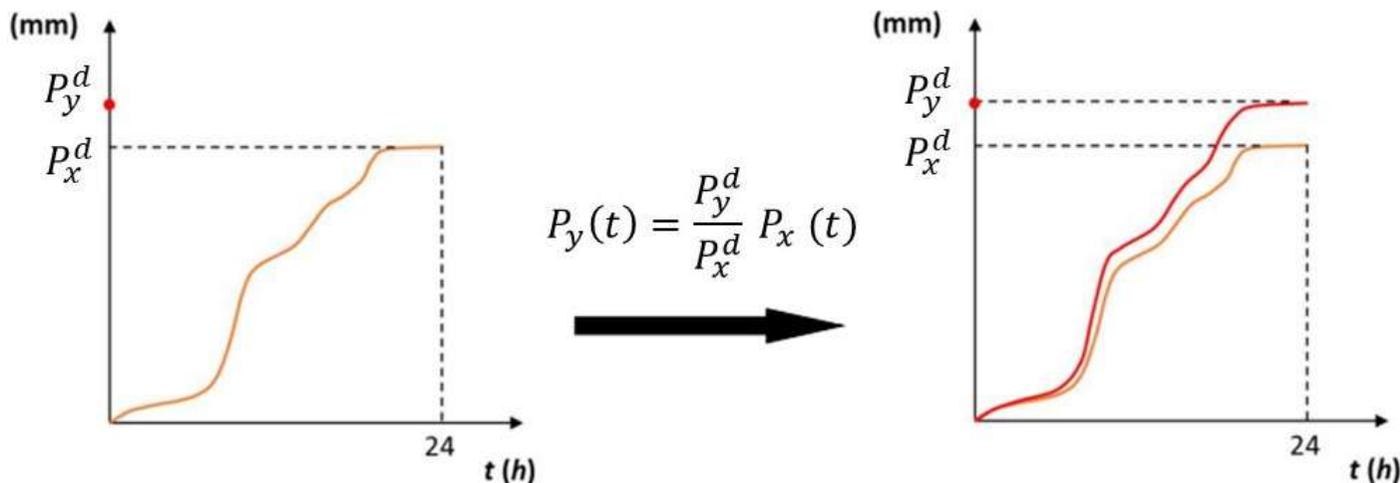
$d_i$  é a distância entre as estações envolventes e a estação  $y$

As estações envolventes selecionadas para aplicação deste métodos devem:

- ter no mínimo 10 anos de dados sem falhas;
- estar numa região climatológica semelhante à da estação com falhas

### 3.3.2 Métodos para valores inferiores ao dia

Embora se possam considerar técnicas de regressão, o método mais simples consiste em utilizar o **udograma** de uma estação vizinha,  $P_x(t)$ , registada com **udógrafo**, e admitir que na estação apenas com **udómetro** a evolução dos valores acumulados seria idêntica:



Preenchimento de falhas para intervalos de tempo inferiores ao dia

$P^d$  – precipitação diária