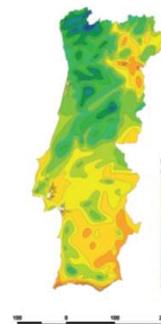


HIDROLOGIA

3. Análise de dados de precipitação

- 3.1 Obtenção de dados de base (aula prática)
- 3.2 Ajustamento de dados
 - 3.2.1 Período de base
 - 3.2.2 Análise de homogeneidade/consistência
- 3.3 Precipitação sobre uma área (aula prática)
 - 3.4.1 Média aritmética
 - 3.4.2 Método de Thiessen
 - 3.4.3 Método das isoietas
 - 3.4.4 Método do inverso do quadrado da distancia

- 3.4 Preenchimento de falhas (aula prática)
 - 3.4.1 Valores diários
 - 3.4.2 Valores superiores ao dia
- 3.5 Precipitações intensas de curta duração
- 3.6 Análise de precipitações anuais, mensais e diárias



CONCEITOS

- Precipitação - todo o conjunto de partículas de água, quer no estado líquido, no estado sólido ou nos dois, que caem da atmosfera e que atingem a superfície do globo;
- A chuva, a neve, o granizo, o orvalho e a geada são diferentes formas de precipitação.

Dada a sua capacidade de gerar escoamento, a chuva é a forma de precipitação com maior interesse para a hidrologia

Caracterização

- quantidade de precipitação, ou altura pluviométrica (P , mm)
- duração
- intensidade de precipitação (p , mm/h)

Necessidades de rega
 Abastecimento urbano e industrial

Estimativa dos caudais de ponta
 Estudos de erosão

3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE BASE

A medição da precipitação faz-se com:

- udómetros (ou pluviómetros) e
- udógrafos (ou pluviógrafos)

situados em postos udométricos ou estações meteorológicas.

➤ **Udómetros** (ou pluviómetros):

medem a quantidade de precipitação que ocorreu durante um determinado período de tempo (tipicamente o período entre as 9:00 h de dois dias consecutivos), expressa em altura de água (mm)

A acumulação dos valores diários conduz a séries de precipitações semanais, mensais, anuais, etc.

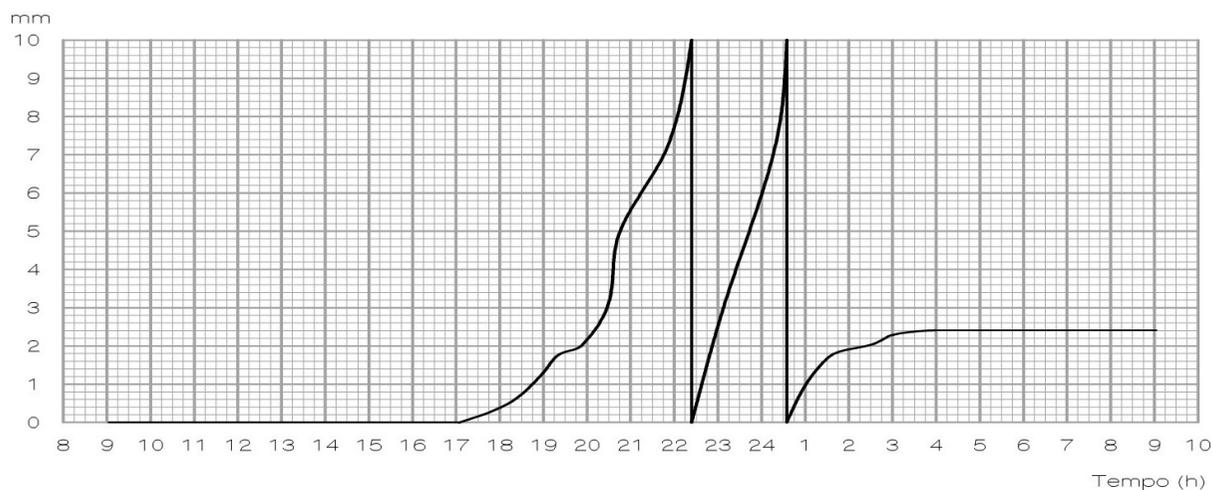


➤ Udógrafos (ou pluviógrafos)

Os udógrafos são udómetros utilizados de modo a fornecer um registo contínuo da precipitação (udograma)

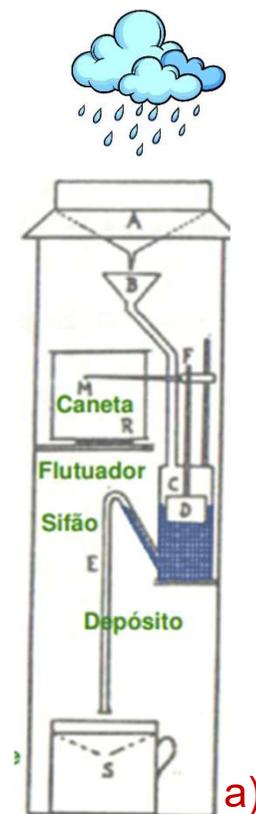
a) determinar as horas de começo e fim de precipitação

b) determinar a intensidade da chuva em qualquer momento



Podem subdividir-se em:

- a) udógrafo de flutuador e
- b) udógrafos de báscula

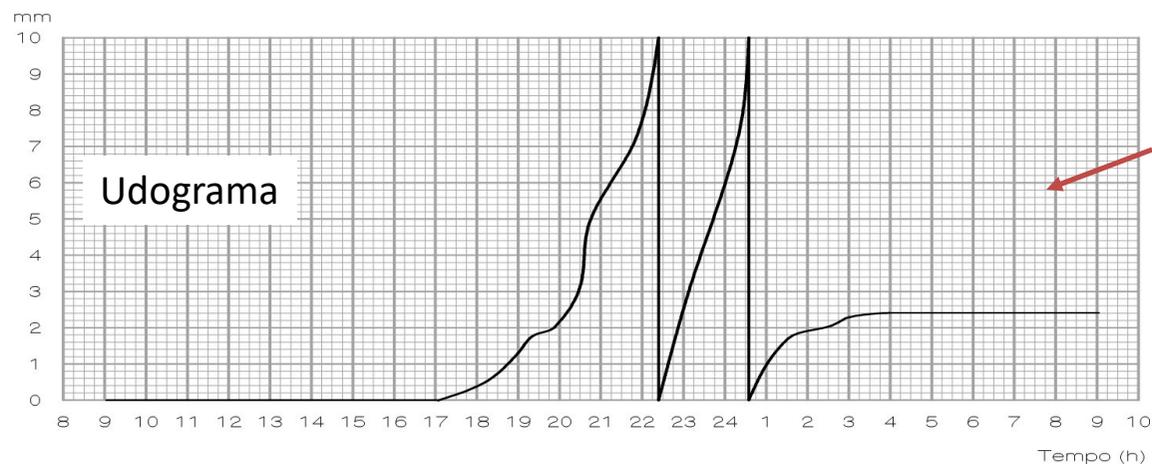


b)

➤ Udógrafos (ou pluviógrafos)

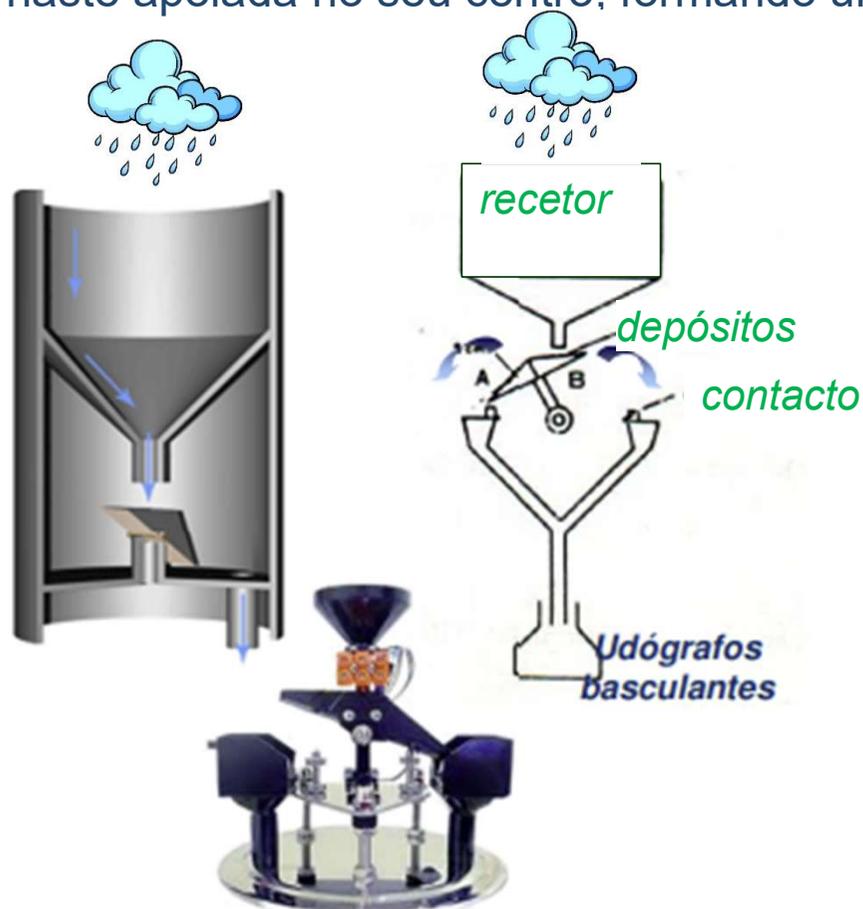
a) de flutuador:

- a precipitação recolhida é conduzida para um reservatório que contém um flutuador leve e oco
- à medida que o nível da água sobe, o movimento vertical do flutuador é transmitido (por mecanismos apropriados) a um aparato que se desloca sobre um gráfico
- quando o reservatório está cheio, um sistema de sifão esvazia-o e o aparato regressa ao zero do gráfico.



b) de báscula:

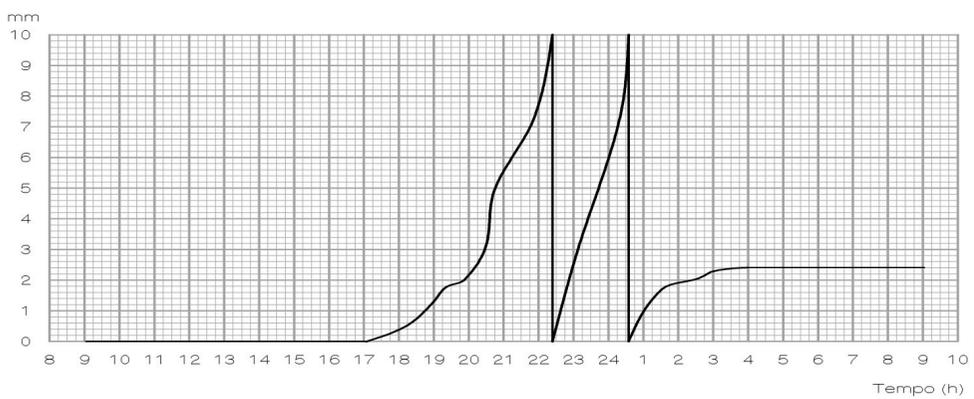
Consiste num funil com área de 200 cm² de abertura que recolhe a precipitação e a encaminha para um sistema de báscula constituído por haste apoiada no seu centro, formando uma espécie de balanceiro.



Quando a quantidade de **precipitação acumulada** numa das básculas atinge 0.1 mm (L m⁻²), o seu peso aciona o mecanismo fechando um circuito (contacto – magnético) despejando a água e ficando preparada a outra báscula para receber nova quantidade de água.

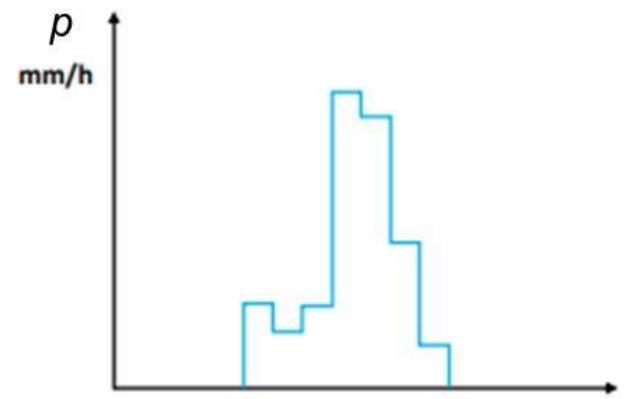
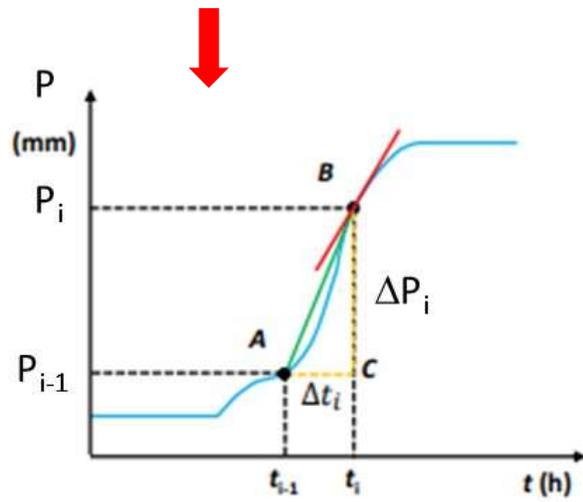
Os **pulsos são registados** pelo sistema de aquisição de dados para reportar a quantidade de água acumulada no período pré – estabelecido (redes do IPMA =10 minutos)

A partir dos udogramas (analógicos ou digitais), é necessário extrair valores relativos a curtos intervalos de tempo, inferiores ao dia, normalmente sob a forma de hietogramas.



Matéria da Aula Prática nº 3

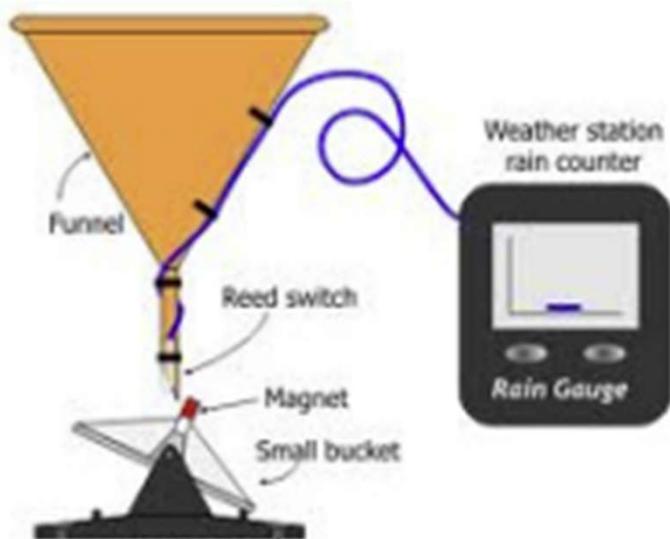
Udograma original

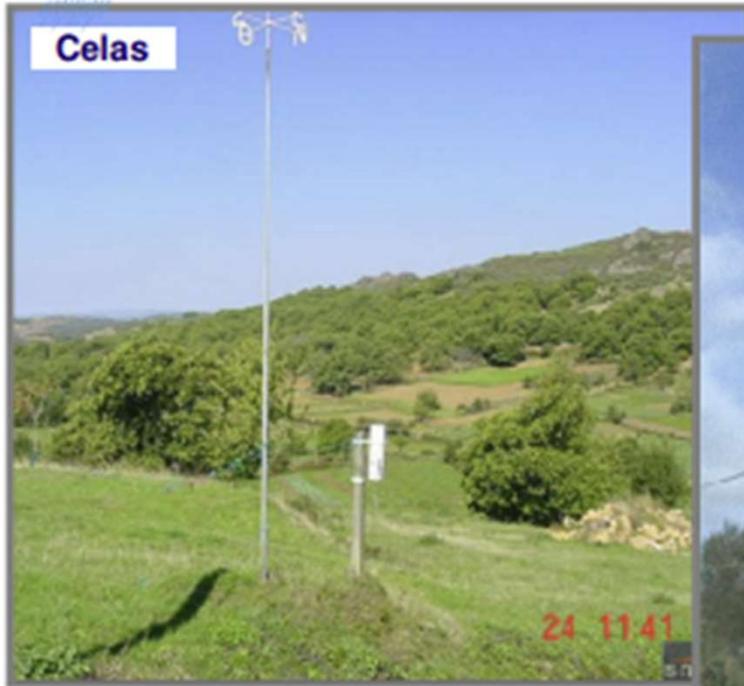


Udograma de precipitação acumulada

Hietograma – intensidade de precipitação

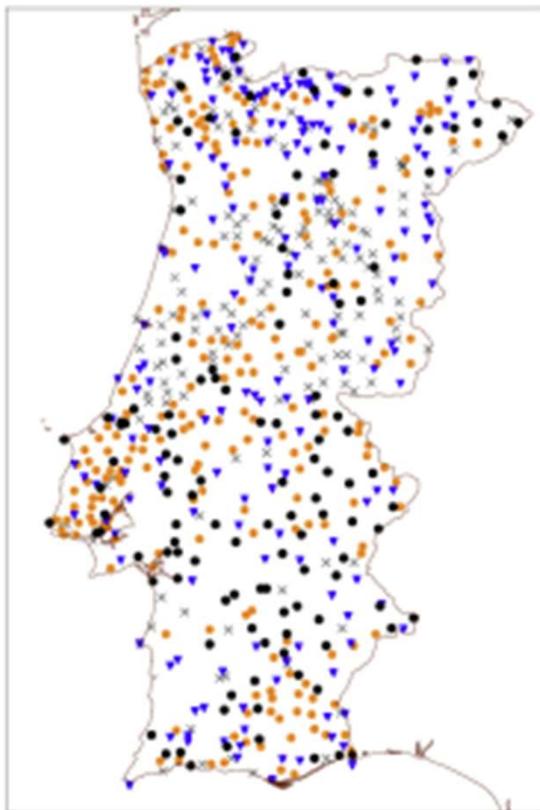
A tendência atual é a de instalar sistema automáticos de aquisição, teletransmissão e arquivo dos registos de precipitação





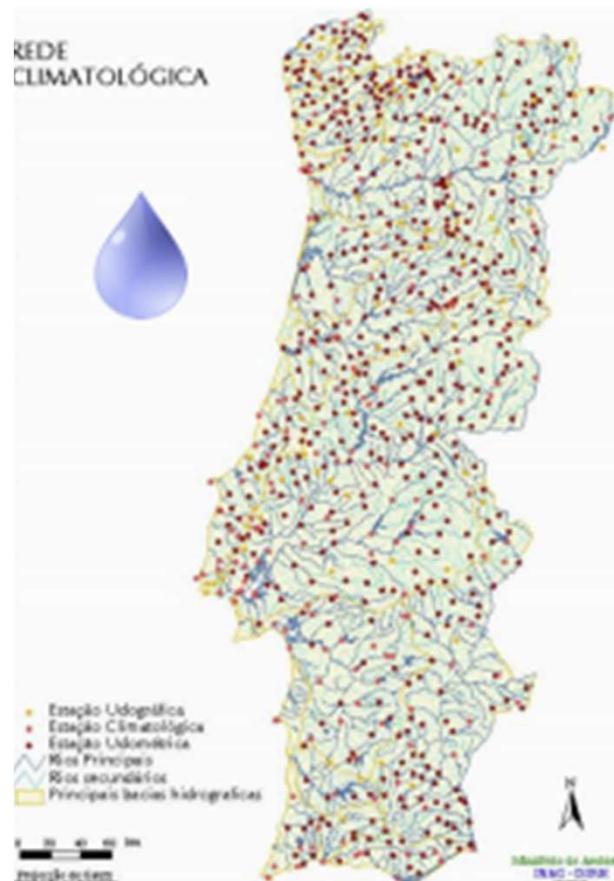
Postos udométricos

IPMA



- Estações com
- + 50 anos de dados
 - ▼ 31 a 50 anos de dados
 - 21 a 30 anos de dados
 - × 10 a 20 anos de dados

SNIR - APA



Dada a elevada densidade de postos meteorológicos com **udómetros** (456 unidades) em Portugal Continental conseguem-se caracterizar adequadamente as precipitações relativas a durações acima do dia.

No entanto, **a densidade de postos meteorológicos com udógrafos** (80 unidades) é muito inferior à dos **com udómetros**, o que determina um tratamento diferenciado dos dados de precipitação com durações inferiores ao dia.

2.1 Período de base e qualidade dos dados

- **Séries** hidrológicas são os dados resultantes da observação de grandezas hidrológicas (p.e. precipitações, caudais, etc)
- A uma **mesma grandeza** podem corresponder **diferentes séries** hidrológicas, consoante o intervalo de tempo
- Por exemplo, para os registos de um posto udométrico, podem ter-se séries de valores da precipitação máxima diária, ou da precipitação média anual

Antes de podermos trabalhar com as séries de precipitação (ou outra variável hidrológica) de um dado posto, temos primeiro que efetuar o controlo de qualidade das séries registadas

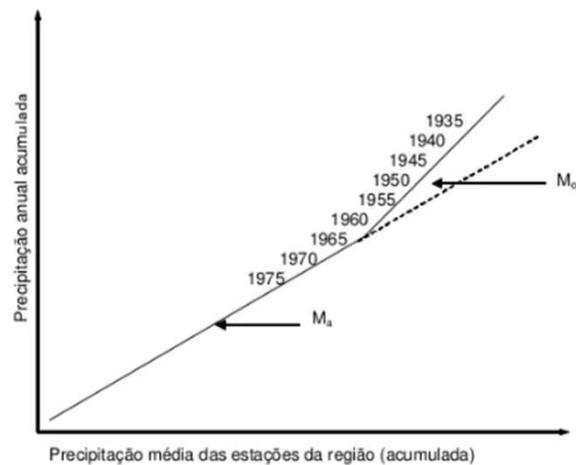
Verificações principais a fazer:

- deteção de erros grosseiros e valores atípicos (*outliers*)
- análise de homogeneidade e consistência
- identificar a existência de falhas (e efectuar o seu preenchimento)

2.2 Análise de homogeneidade / consistência

Homogeneidade da série de registo

As séries de elementos climáticos (como a precipitação) são consideradas **homogêneas** se os **factores que os influenciam se mantiverem constantes** ao longo do período de observação.



evidenciada pela
presença de efeitos de
tendência / de
descontinuidades



Exemplos de fatores que comprometem a homogeneidade das séries hidrológicas em geral

- alteração do local de medição
- mudança do aparelho de medição ou alteração da sua calibração
- mudança do método de medição
- desflorestação de uma bacia hidrográfica,
- aumento da urbanização ou
- criação de albufeiras.

Inconsistência da série de registo

Uma série é consistente se o seu comportamento não for diferente do de séries vizinhas

A inconsistência é **devida a alterações dos processos de medição da grandeza em questão**

Exemplos:

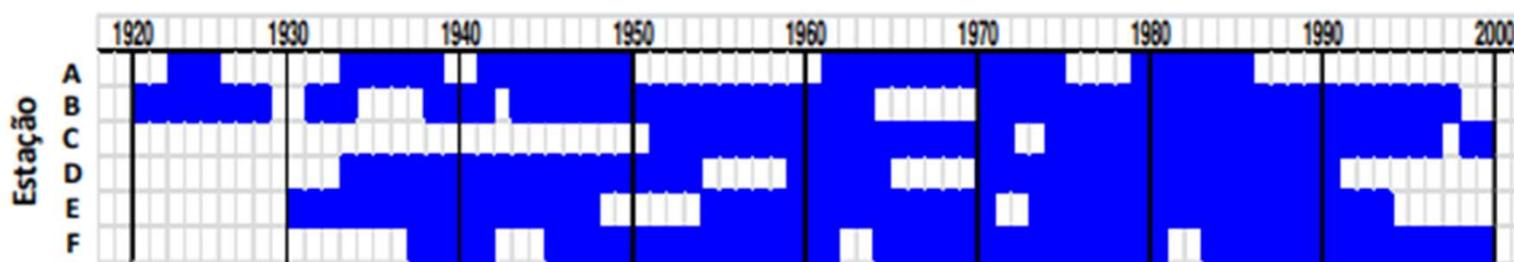
- alteração do equipamento
- mudança do local de instalação de um udómetro
- criação de obstáculos junto de um udómetro instalado num dado local
- mudança de observador
- substituição de um troço de escala hidrométrica que não tenha sido devidamente nivelado, etc.

O controlo de qualidade das séries é realizado com recurso a dois tipos de testes:

- *testes estatísticos feitos separadamente a cada série* (de tendência, de autocorrelação, de homogeneidade da média ou da variância, da evolução temporal do valor médio, por exemplo);
- *testes em que se compara uma série não homogénea, identificada no primeiro grupo de testes, com outra homogénea, da mesma região* (dos valores duplamente acumulados, dos resíduos acumulados, por exemplo).

Estes testes não serão estudados o âmbito desta UC, pelo que, na matéria que se segue, parte-se do princípio de que já estamos a trabalhar com séries homogéneas.

Consiste fundamentalmente em aplicar **técnicas de interpolação de valores de estações envolventes**:



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

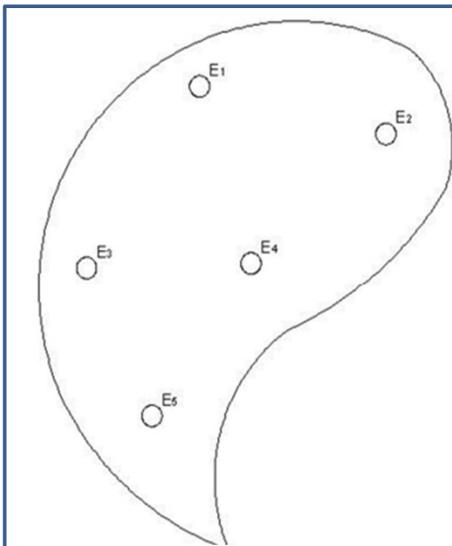
- As técnicas mais simples não se devem utilizar para estimar mais de 5 - 10 % de um registo (WMO, 1994);
- Para períodos mais longos têm de se utilizar métodos mais elaborados, que preservem as características estatísticas das séries, nomeadamente técnicas desenvolvidas originalmente para efetuar extensão de dados (não estudada no contexto desta UC). [Continua na Aula Prática nº 3](#)

Matéria da Aula Prática nº 3

3.4. PRECIPITAÇÃO 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:

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

Sendo:

P_i a precipitação medida na estação i ;

α_i o peso dado à estação i ;

N_e o nº de estações usadas.

Quais os métodos para a determinação do peso α ?

Aula Prática nº 3

Caracterização

- Intensidade
- Duração
- Frequência (período de retorno)

Intensidade média de precipitação, p (mm h^{-1})

$$p = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

- $p < 1 \text{ mm h}^{-1}$ Ligeira
- $1 \text{ mm h}^{-1} < p < 4 \text{ mm h}^{-1}$ Moderada
- $p > 4 \text{ mm h}^{-1}$ Intensa

Intensa

- Cheias e processos erosivos
- Utilizadas no dimensionamento de estruturas hidráulicas
 - sistemas de drenagem superficial
 - descarregadores de cheia das barragens

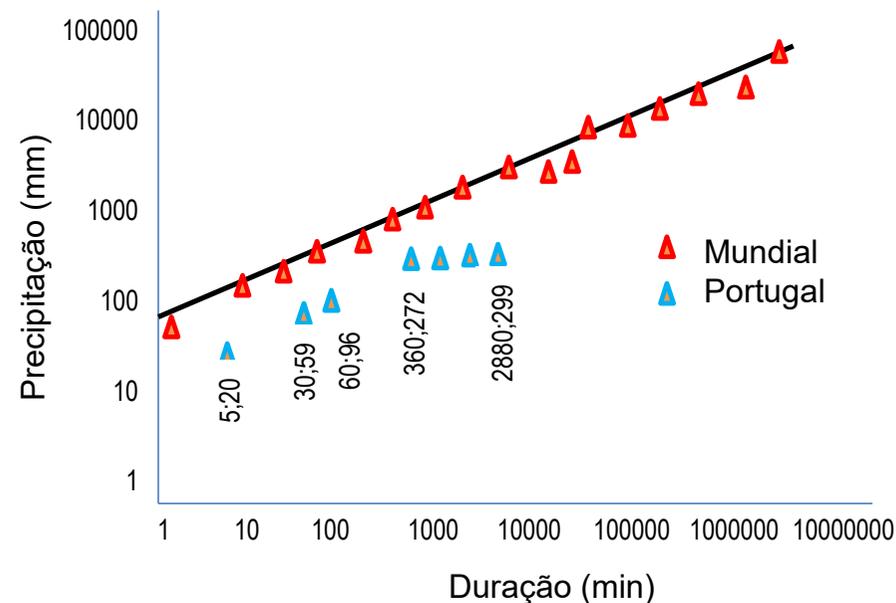
3.5. PRECIPITAÇÕES DE GRANDE INTENSIDADE



Quadro 1 Máximos mundiais de alturas de precipitação, para cada duração (Fonte: WMO, 1994)

Duração	Precipitação (mm)	Intensidade média (mm h ⁻¹)	Local	Data de início
1 min	38	2 280	Barot, Guadalupe	26-10-1970
8 min	126	945	Fussen, Baviera	25-05-1920
15 min	198	792	Plumb Point, Jamaica	12-05-1916
20 min	206	618	Curtea-de-Arges, Roménia	07-07-1947
42 min	305	436	Holt, Missouri	22-06-1947
2h 10 min	483	223	Rockport, Virgínia Ocidental	18-07-1889
2h 45 min	559	203	D'Hanis, Texas	31-05-1935
4h 30 min	782	174	Smethport, Pensilvânia	18-07-1942
9h	1 087	121	Belouve, La Réunion	28-02-1964
12h	1 340	112	Belouve, La Réunion	28-02-1964
18h 30 min	1 689	91	Belouve, La Réunion	28-02-1964
24h	1 825	76	Foc Foc, La Réunion	15-03-1952
2 d	2 259	47	Hsin Liao, Taiwan	17-10-1967
3 d	2 759	38	Cherrapunji, Índia	12-09-1974
4 d	3 721	39	Cherrapunji, Índia	12-09-1974
8 d	3 847	20	Bellenden Ker, Queensland	01-01-1979
15 d	4 798	13	Cherrapunji, Índia	24-06-1931
31 d	9 300	13	Cherrapunji, Índia	jun 1861
2 meses	12 767	9	Cherrapunji, Índia	jun 1861
3 meses	16 369	7	Cherrapunji, Índia	mai 1861
4 meses	18 738	6	Cherrapunji, Índia	abr 1861
5 meses	20 412	6	Cherrapunji, Índia	abr 1861
6 meses	22 454	5	Cherrapunji, Índia	abr 1861
11 meses	22 990	3	Cherrapunji, Índia	jun 1861
1 ano	26 461	3	Cherrapunji, Índia	ago 1860
2 anos	40 768	2	Cherrapunji, Índia	jan 1860

Recordes de precipitação em função da duração



Embora **P** seja **crescente** com Δt , a **intensidade de precipitação diminui** com a duração

Período de retorno (T): tempo médio entre a ocorrência de eventos hidrológicos, da mesma natureza, de igual magnitude.

Na hidrologia, os períodos de retorno de diferentes projetos variam tipicamente de **10 a 100 anos**

A escolha do período de retorno de um evento hidrológico depende de vários fatores, incluindo:

- *área de drenagem*
- *risco de falha*
- *importância da estrutura e custo de reparação*
- *influência sobre vidas humanas*

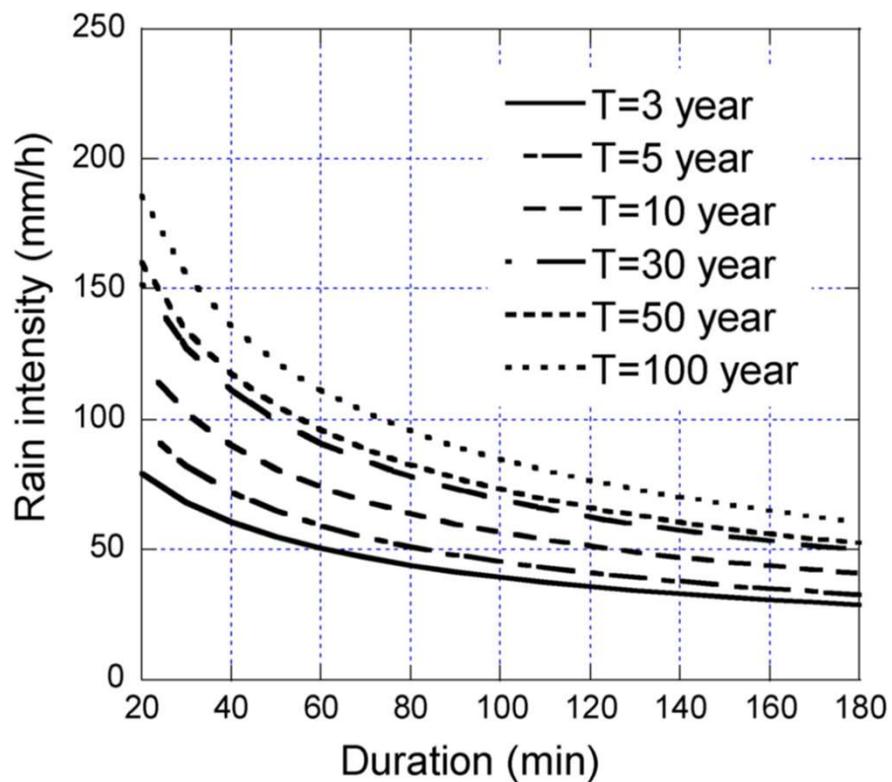


Exemplos de escolha do período de retorno

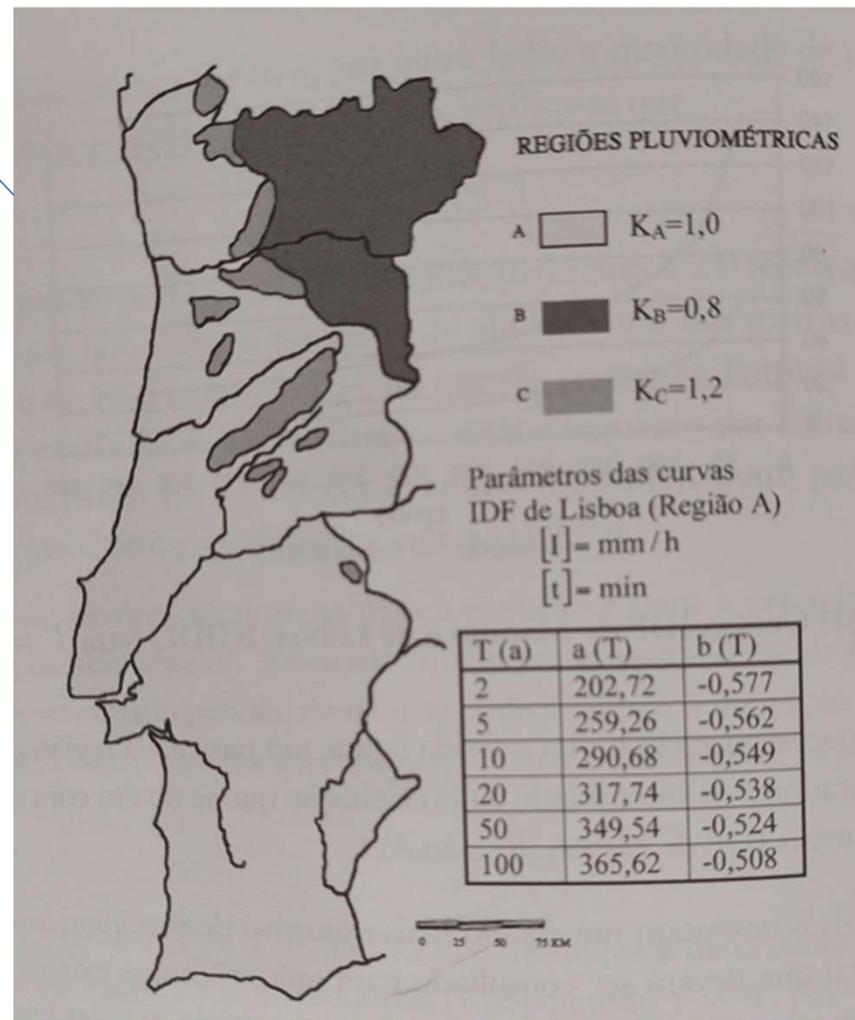
N.	Tipo de projeto ou estrutura	Período de retorno (anos)
1	Drenagem urbana [risco baixo] (até 100 ha)	5 a 10
2	Drenagem urbana [risco médio] (mais de 100 ha)	25 a 50
3.	Drenagem de ruas	25 a 50
4	Descarregadores (barragens)	25 a 100
5	Drenagem de estradas	50 a 100
6	Diques de contenção [risco médio]	50 a 100
7	Drenagem urbana [risco alto] (mais de 1000 ha)	50 a 100
8	Desenvolvimento de planície de inundação	100
9	Projetos de pontes (pilares)	100 a 500
10	Diques de contenção [risco alto]	200 a 1000
11	Descarregadores de emergência (barragens)	100 a 10 000

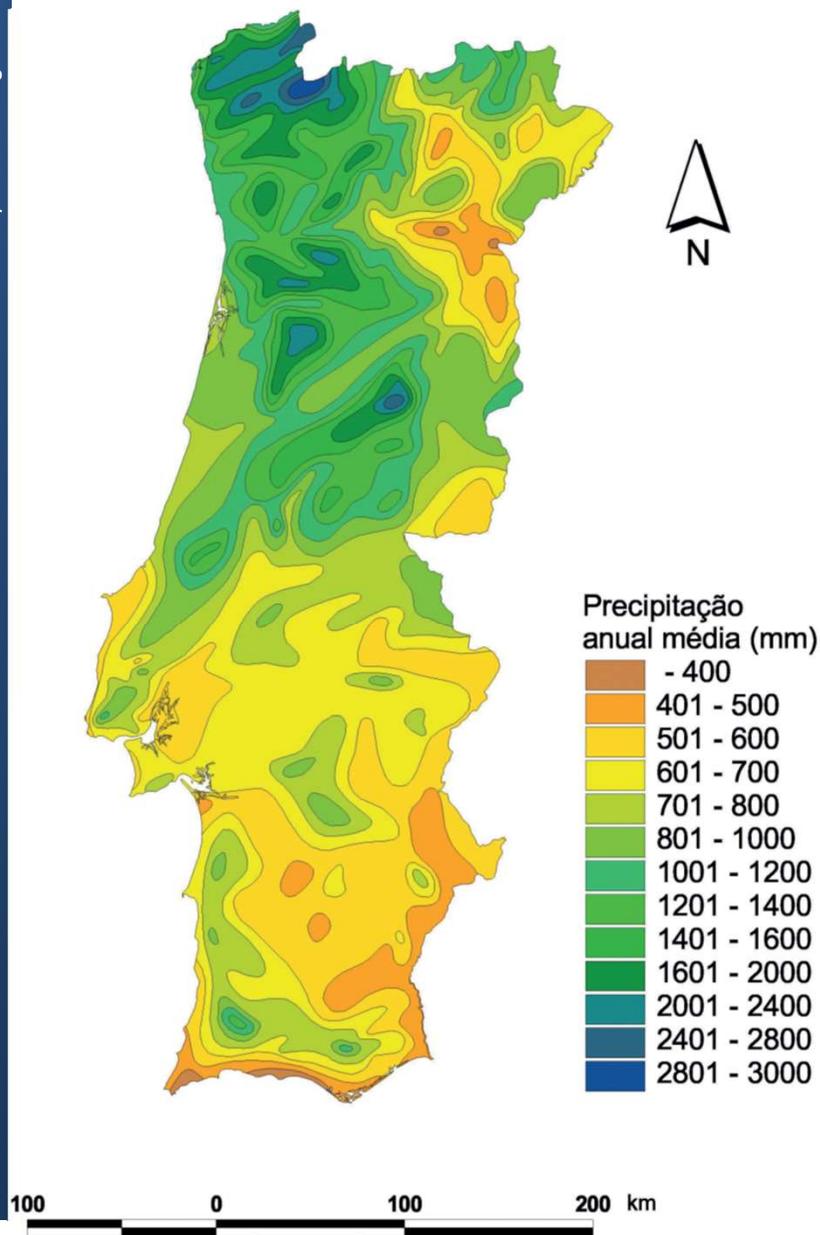
Em regra, quanto maior a área de drenagem > T a adoptar

Para relacionar, em cada local/região a relação entre a intensidade de precipitação e a respetiva duração para determinado período de retorno, utilizam-se as **curvas de intensidade - duração-frequência** \Rightarrow IDF $p(t, T) = a_T t^{b(T)}$



p é a intensidade de precipitação, t é a duração da chuvada e T é o tempo de retorno





3.6. ANÁLISE DE PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MENSAIS, DIÁRIAS

❖ Variação espacial da precipitação

Representação com mapas de isoietas
(isolinhas de precipitação)

Distribuição espacial da precipitação anual média em Portugal continental Fonte Hipólito e Vaz, 2017)

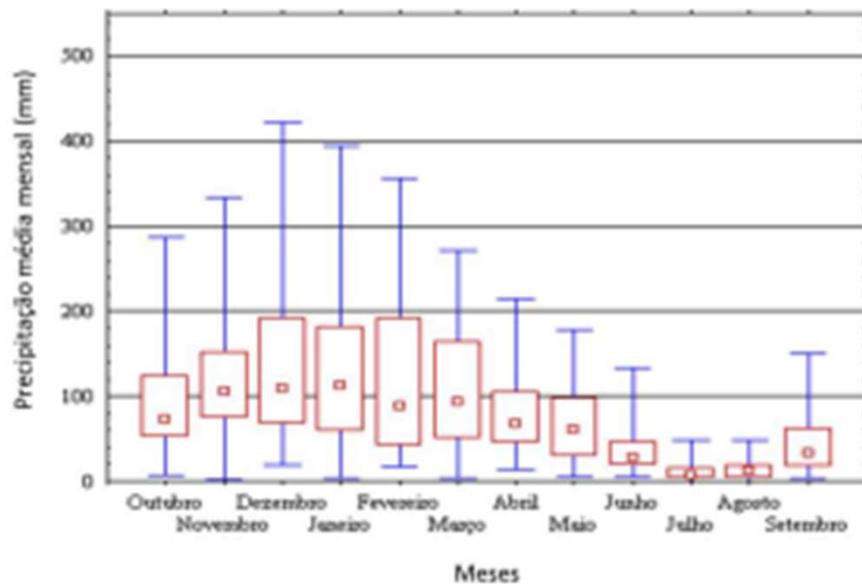
- Portugal tem precipitação média anual da ordem dos 700 mm;
- a distribuição *irregular no espaço* gera problemas de escassez de água em determinados periodos do ano em particular no sul e interior centro e norte.

❖ Variação temporal da precipitação

➤ Ao longo do ano hidrológico

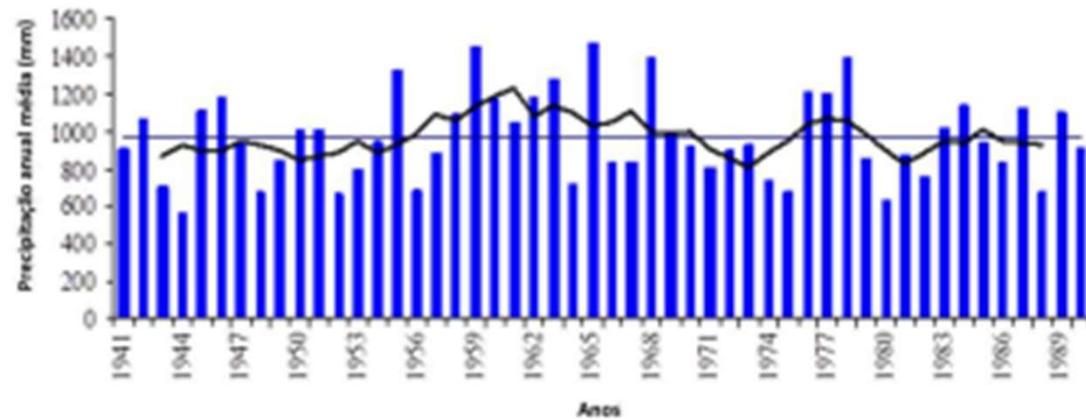
➤ Ao longo de um período histórico

● representação com caixa-e-bigodes



Precipitação média mensal em PT continental (INAG, 2001)

● representação em gráficos de barras,



Precipitação anual média em PT continental no período 1942 a 1991 e média móvel de 2 anos (INAG, 2001)

a distribuição *irregular no tempo* gera problemas de escassez de água no período de Abril a Setembro