

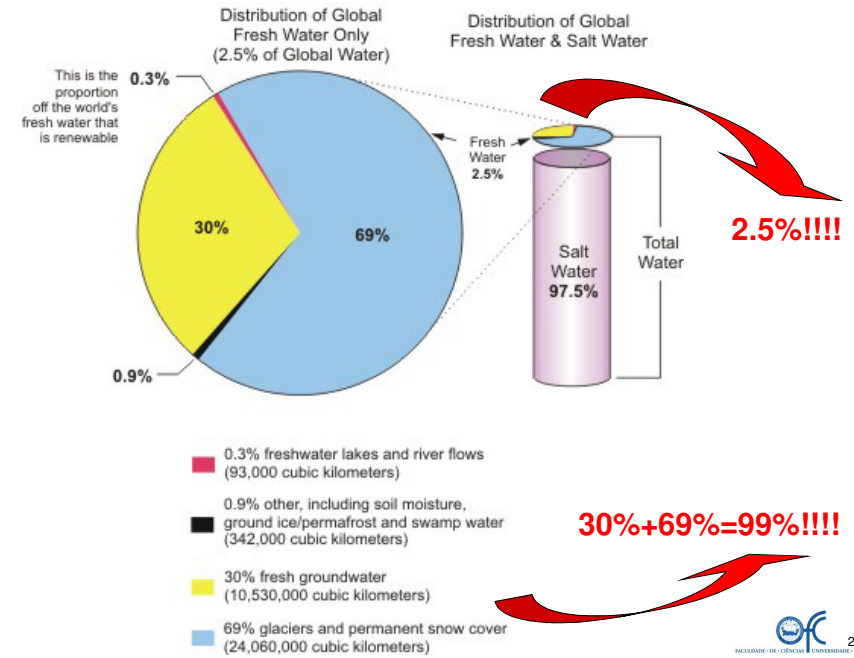
Noções básicas de hidrologia

- ✓ Ciclo hidrológico
- ✓ Bacias hidrográficas e respetiva caracterização fisiográfica

Maria Manuela Portela

THE WORLD'S WATER

Encyclopedia of Desalination and Water Resources (DESWARE)



Distribuição. Balanço anual médio da água da Terra. Ciclo hidrológico

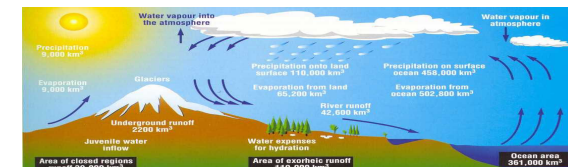
Estimativa da distribuição da água na Terra e tempo médio de residência ¹					
Reservatório	Área (10 ⁶ km ²)	Volume (10 ⁶ km ³)	Fracção do total (%)	Fracção da água doce (%)	Tempo médio de residência (a)
Oceanos	361.3 ²	1338	96.5	-	2500
Solo	82.0	0.0165	0.0012	0.05	1
Sub-solo	134.8	23.4	1.7		1400
	Doce	10.53	0.76		
Calotes polares e glaciares	16.2	24.1	1.74	30.1	9700
Lagos, mares interiores e pântanos	4.7	0.19	0.014		
	Doce	3.9	0.008	0.29	~ 99%!!!!
Rios		0.0021	0.0002	0.006	0.044 (16 d)
Biosfera	510.0	0.0011	0.0001	0.003	(horas a dias)
Atmosfera	510.0	0.0129	0.001	0.04	0.022 (8 d)
Total		1386	100		
	Doce	35	2.53	100	Tempo médio de renovação

¹ Dingman, S. L. (1994). Physical Hydrology, MacMillan, NY.

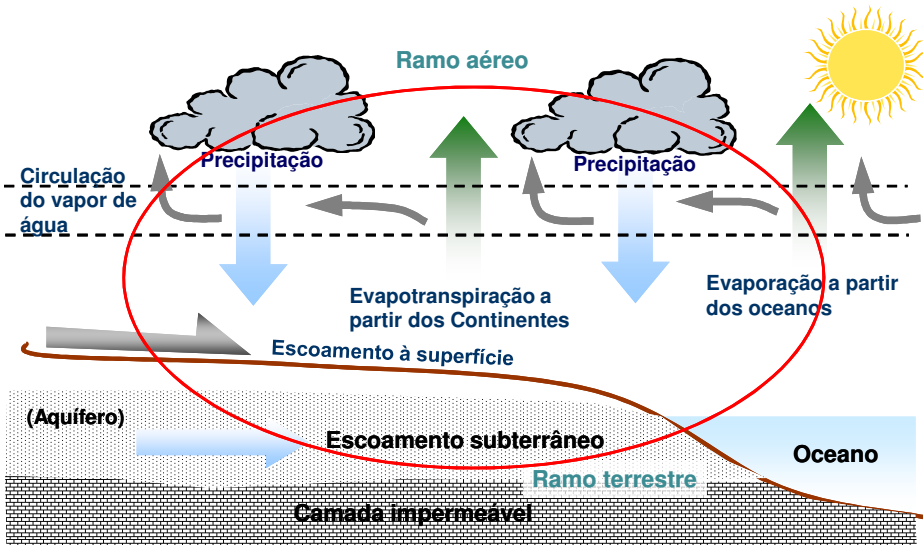
² Cerca de 70.8% da superfície da Terra (510072000 km²).

Distribuição. Balanço anual médio da água da Terra. Ciclo hidrológico

CICLO HIDROLÓGICO: sequência fechada dos processos envolvidos no movimento contínuo da água entre a Terra e a atmosfera. Ao longo deste ciclo, a água **EVAPORA-SE** a partir dos oceanos e da superfície da Terra, entra na circulação atmosférica sob a forma de vapor, retorna à superfície como **PRECIPITAÇÃO** líquida ou sólida, é interceptada por obstáculos que a impedem de atingir o solo, produz **ESCOAMENTO** sobre o terreno, **INFILTRA-SE** para o interior solo, possibilita a **RECARGA DOS AQUÍFEROS**, concentra-se sob a forma de escoamento canalizado na rede fluvial que a encaminha para os oceanos de onde se evapora novamente.



O **CICLO HIDROLÓGICO** constitui uma **IMENSA MÁQUINA** accionada fundamentalmente pela **ENERGIA SOLAR** e com movimentos determinados pela **GRAVIDADE**, que, mediante um sistema contínuo de **CIRCULAÇÃO**, leva a cabo a **RENOVAÇÃO DA ÁGUA DOCE**, imprescindível à vida na terra.

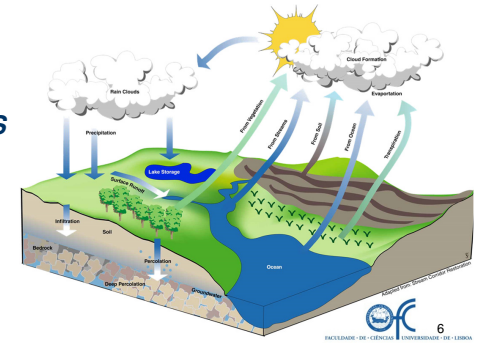


PRINCIPAIS PROCESSOS ENVOLVIDOS NO CICLO HIDROLÓGICO

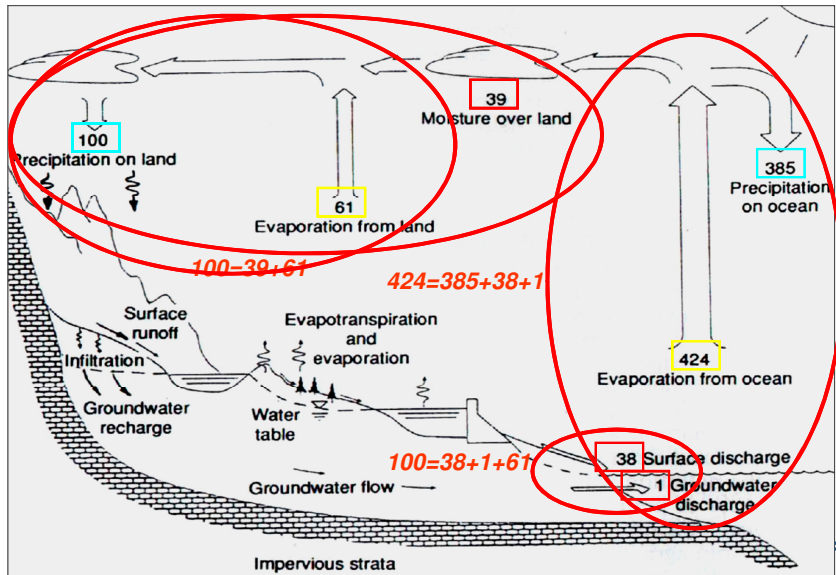
- Transferência de água do globo terrestre para a atmosfera (evaporação, sublimação e transpiração das plantas e animais).
- Condensação parcial do vapor de água da atmosfera (nuvens e nevoeiros)
- Transporte do vapor de água pela circulação atmosférica.
- Transferência de água da atmosfera para a superfície do globo (precipitação, orvalho, geada).
- Retenção e escoamento na superfície dos continentes e no seu interior (rios, lagos, glaciares, aquíferos).

FORMAS DE ENERGIA PRESENTES

- Energia radiante, de origem solar.
- Energia geopotencial, gravítica.
- Energia termodinâmica.

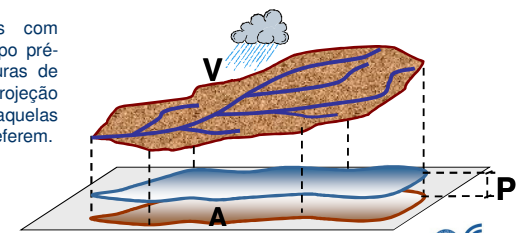


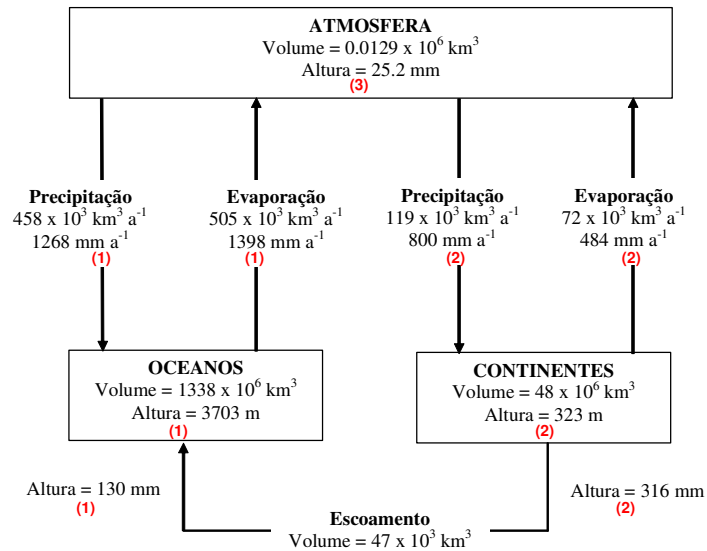
A ÁGUA NO MUNDO AtUAL: volumes de água expressos em percentagem da água precipitada sobre os continentes



As grandezas hidrológicas relacionadas com quantidade de água em intervalos de tempo pré-fixados são por regra expressas em alturas de água uniformemente distribuídas sobre a projeção horizontal das áreas a que os volumes daquelas grandezas nos mencionados intervalos se referem.

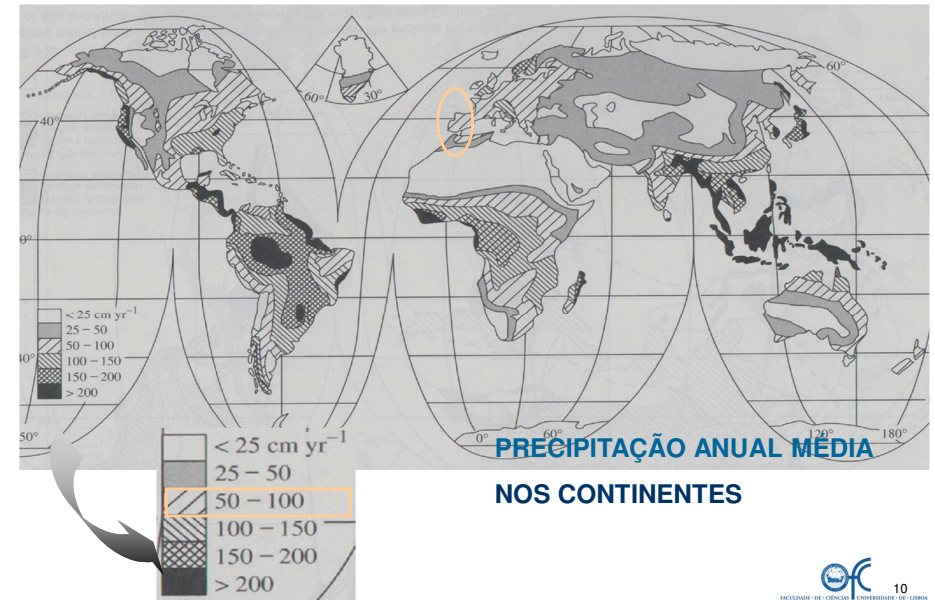
$$P = \frac{V}{A}$$



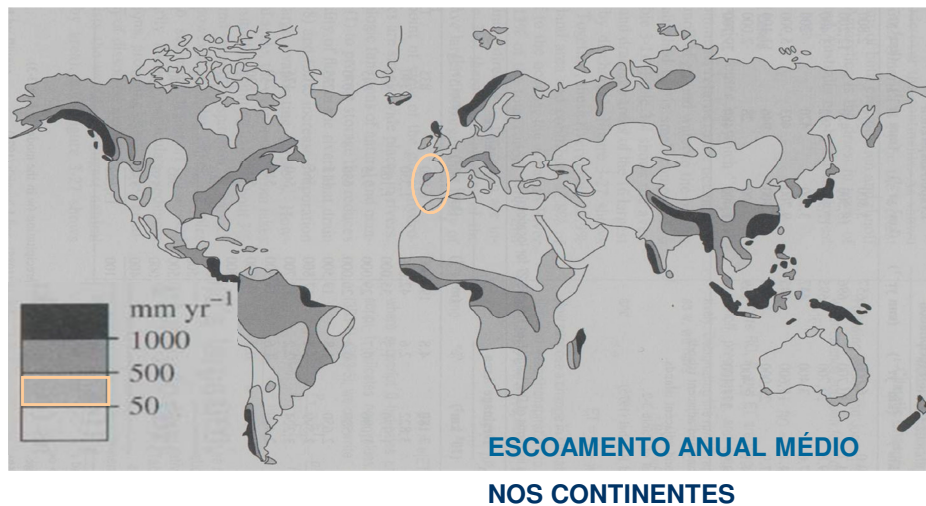


Volume a dividir pela superfície:
 (1) Dos oceanos (aprox. 361132000 km^2)
 (2) Dos Continentes (aprox. 148940000 km^2)
 (3) Da Terra (aprox. 510072000 km^2)

ÁGUA NO MUNDO AtUAL

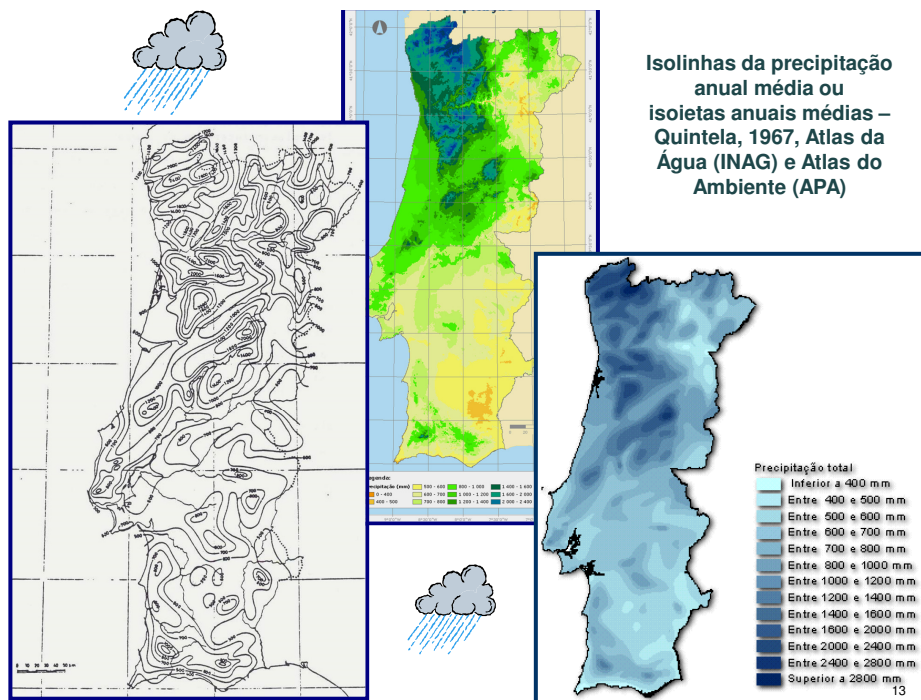


ÁGUA NO MUNDO AtUAL



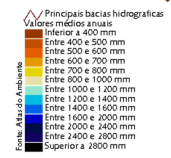
	PRECIPITAÇÃO (mm)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm)	ESCOAMENTO (mm)
EUROPA	790	507	283
ÁSIA	740	416	324
ÁFRICA	740	587	153
A. DO NORTE	756	418	338
A. DO SUL	1600	915	685
AUSTRÁLIA E OCEANIA	791	511	280
ANTÁRTIDA	165	0	165
Espanha	630	420	210
PORTUGAL	1000/900	640	370*

* Excluindo as afluências provenientes de Espanha que



Precipitação anual média (mm)

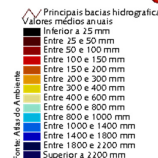
Precipitação: de 400 mm a mais de 2800 mm



Ministério do Ambiente INAG - IGEAM SNIRP

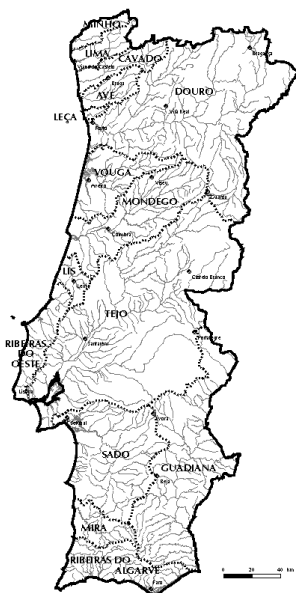
Escoamento anual médio (mm)

Escoamento: de 25 mm a mais de 2200 mm



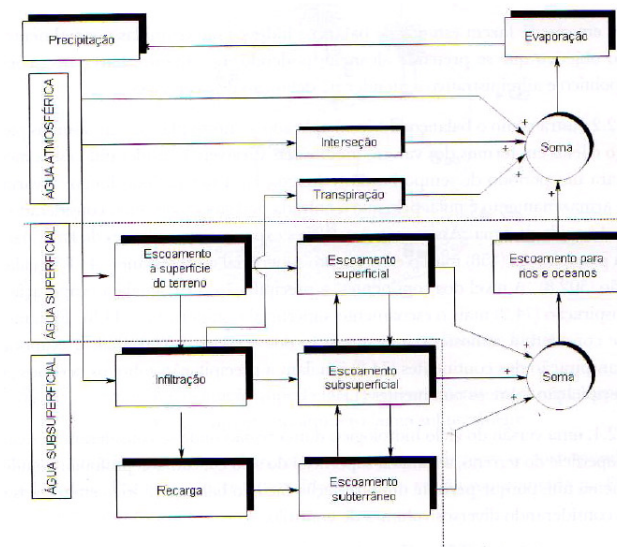
Ministério do Ambiente INAG - IGEAM SNIRP

Principais bacias hidrográficas de Portugal Continental

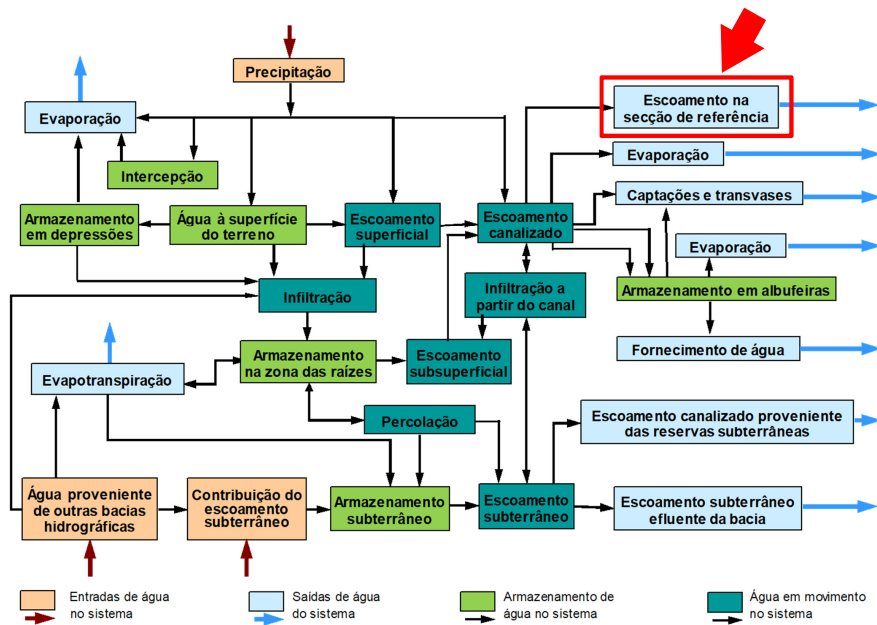


- Aprox. 46% da área total da Península Ibérica é ocupada por bacias hidrográficas internacionais, partilhadas entre Portugal e Espanha.
- Aprox. 64% da área de Portugal Continental (89 015 km²/56 930 km²) localiza-se em bacias hidrográficas internacionais.

Ciclo hidrológico – um sistema a modelar ao nível da bacia hidrográfica

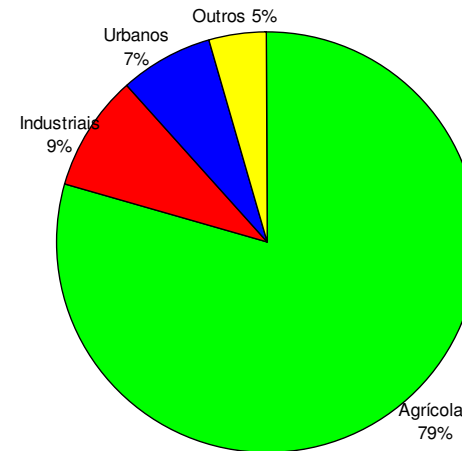


Ciclo hidrológico – um sistema a modelar ao nível da bacia hidrográfica



17

Água é Vida ...



Usos da água (consumptivos e não consumptivos¹)

- Agrícola
- Doméstico e municipal
- Pecuário e piscícola
- Industrial
- Ecológico/ambiental
- Navegação
- Produção de energia
- Recreio e turismo
- Receção de águas residuais

Plano Nacional da Água, PNA, 2000

RECURSOS HÍDRICOS

POTENCIAIS - extração máxima teoricamente possível da água do ciclo hidrológico.

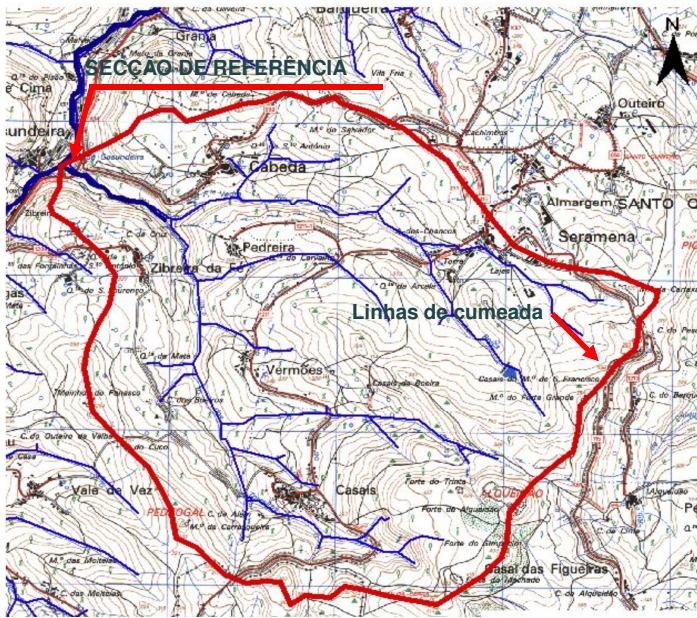
UTILIZÁVEIS OU DISPONÍVEIS - podem ser aumentados à custa de intervenções no ciclo hidrológico - **OBJETO DAS AÇÕES DE PLANEAMENTO** e têm sempre associado uma **GARANTIA DE FORNECIMENTO** ou **RISCO DE INSUFICIÊNCIA**.

(... toda a água que passa numa dada secção de um curso de água constitui o recurso potencial do qual só parte pode ser utilizada).

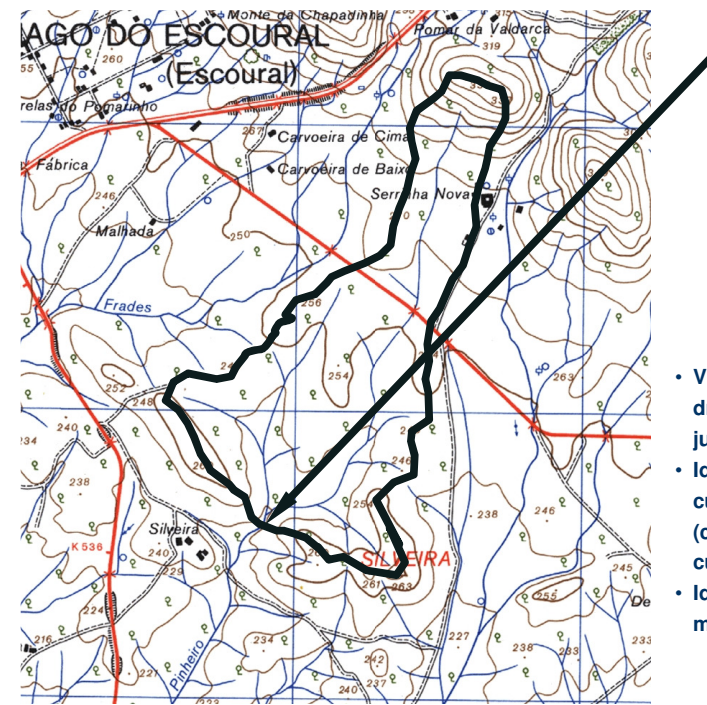
Noções básicas de hidrologia

- ✓ Ciclo hidrológico
- ✓ Bacias hidrográficas e respetiva caracterização fisiográfica

Maria Manuela Portela

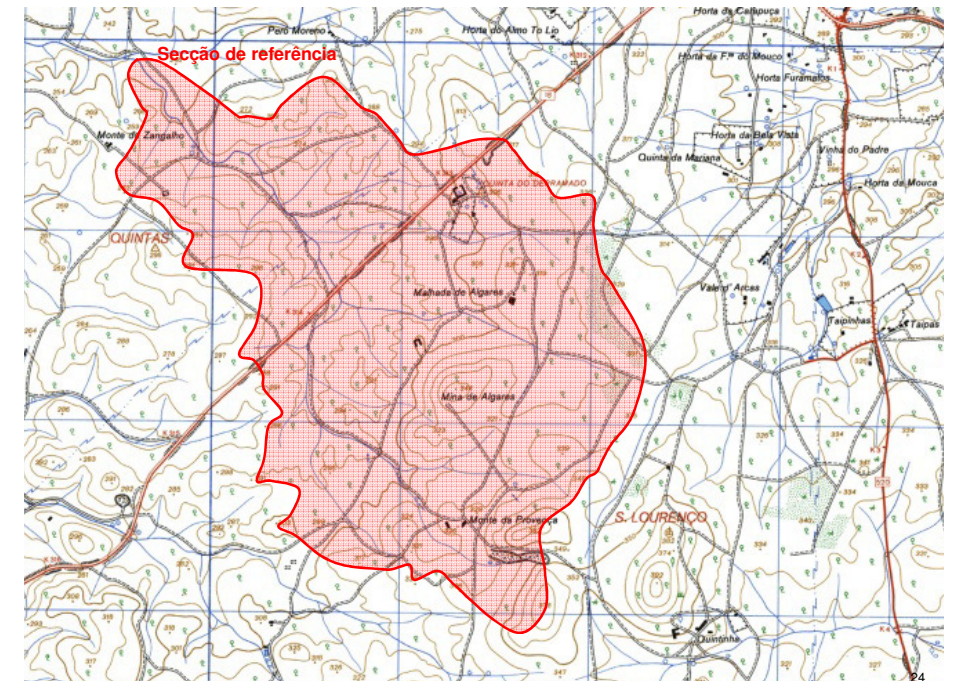
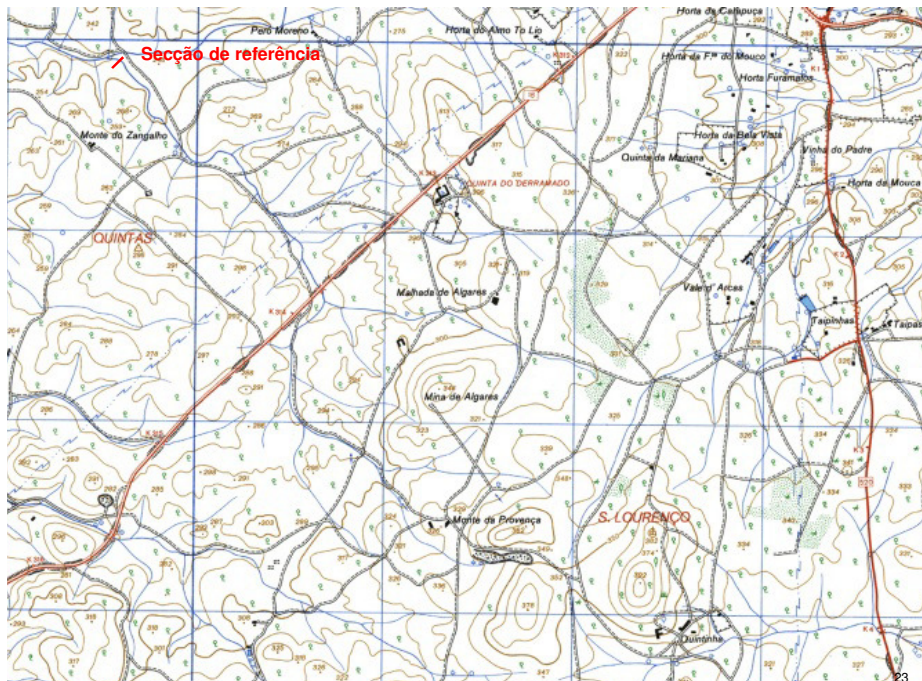


Bacia hidrográfica da ribeira de Cima em Zibreira

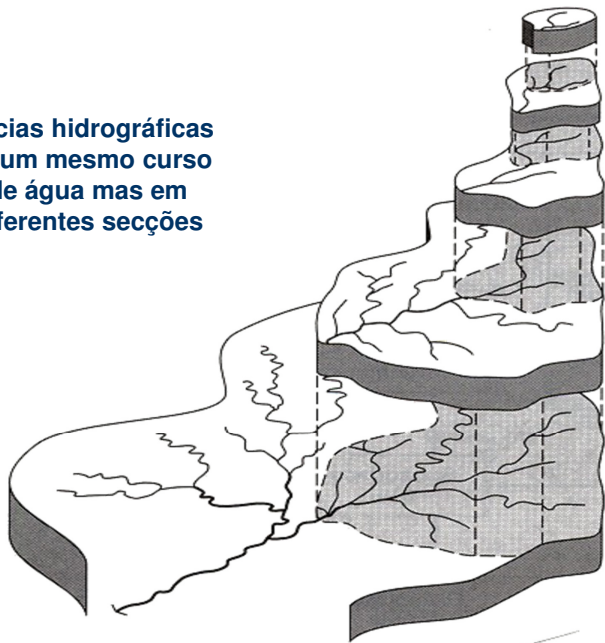


Bacia hidrográfica da ribeira do Pinheiro em Silveira

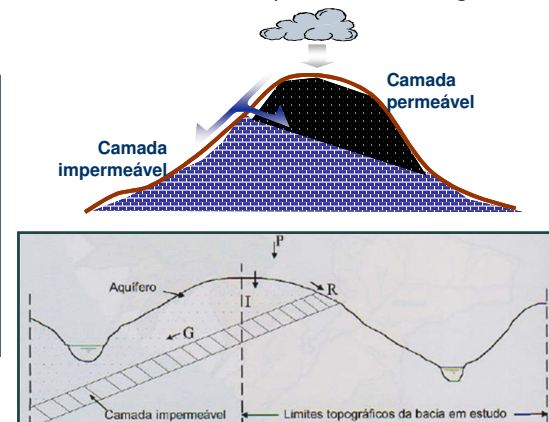
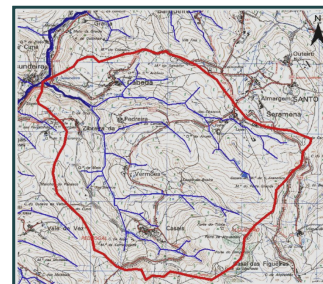
- Visualizar a rede de drenagem (montante, jusante)
- Identificar os vales e as cumeadas (concavidades das curvas de nível)
- Identificar as linhas de maior declive



Bacias hidrográficas de um mesmo curso de água mas em diferentes secções

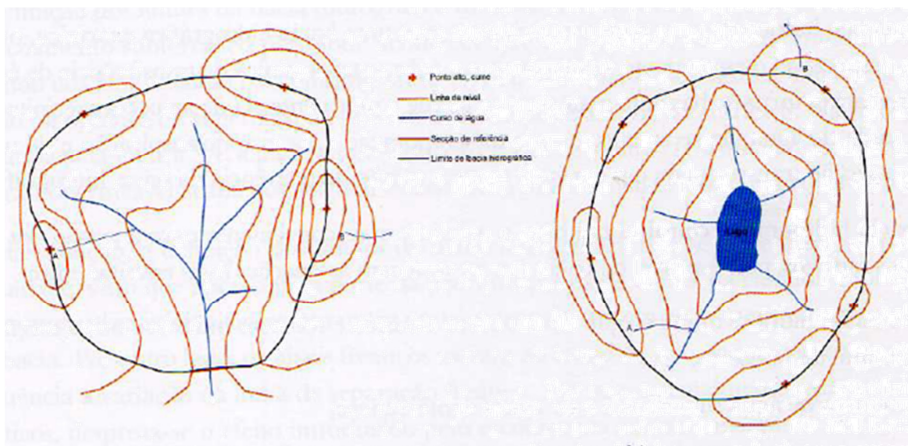


De modo geral, assume-se que, para um dada secção da rede hidrográfica, **SÃO COINCIDENTES AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DEFINIDA TOPOGRÁFICAMENTE**, que condiciona o escoamento superficial, e a referente ao **ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO**. Podem, no entanto, ser significativas as transferências de água entre bacias hidrográficas promovidas pelo escoamento subterrâneo. A consideração dos movimentos subterrâneos da água introduz necessariamente dificuldades acrescidas na análise dos processos hidrológicos.



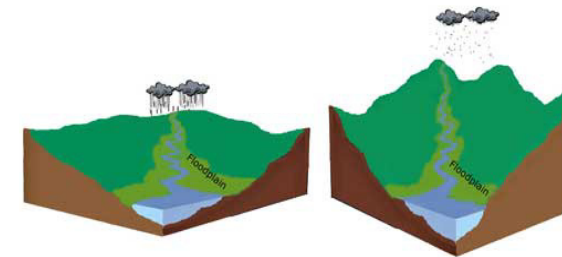
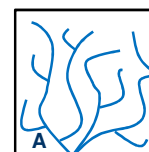
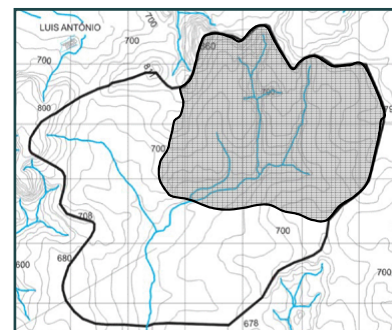
Bacia hidrográfica exorreica

Bacia hidrográfica endorreica (... Açores)

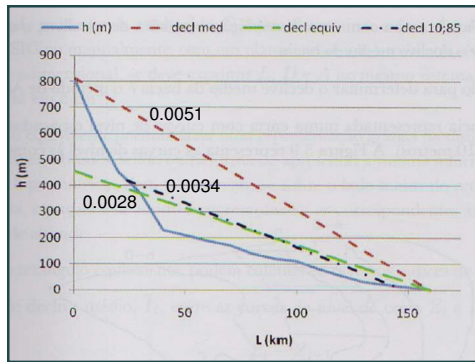
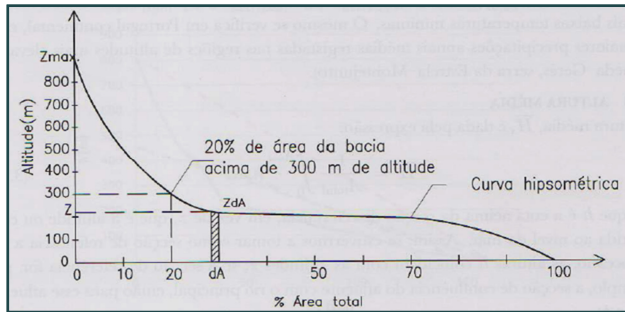


Atributos fisiográficos relevantes (... no âmbito)

- Área
- Forma (índice de compacidade de Gravelius)
- Relevo (curva hipsométrica)
- Rede de drenagem (declives)

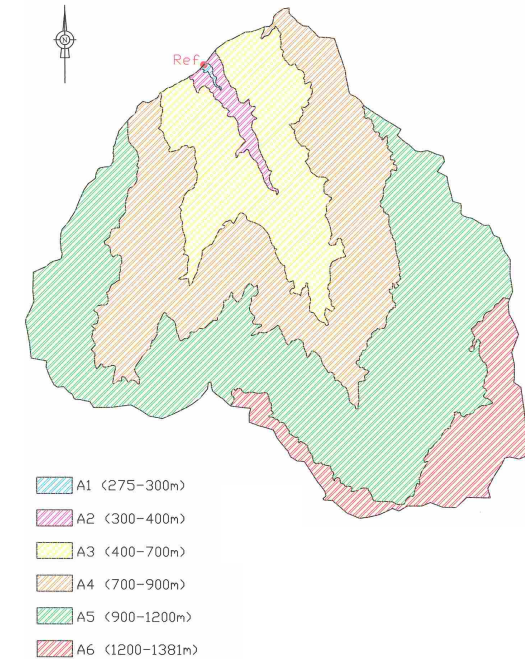


Curva hipsométrica



Perfil longitudinal de um rio e declives característicos (médio, equivalente, 10-85%)

Fonte: "Hidrologia e Recursos Hídricos", IST Press



Obtenção simplificada da curva hipsométrica

Noções básicas de hidrologia

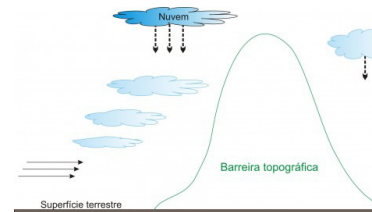
✓ Precipitação

María Manuela Portela

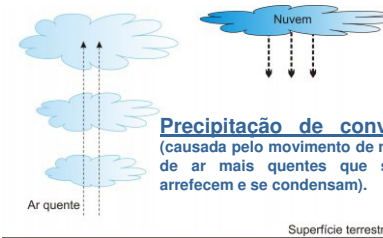


Precipitação

Precipitação : toda a água (chuva, neve, granizo, saraiva, orvalho, geada, névoa ou neblina) que provindo da atmosfera atinge a superfície da Terra.

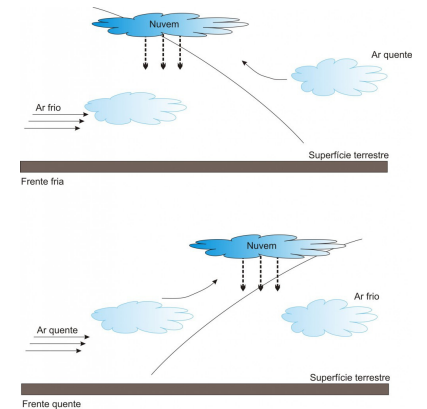


Precipitação orográfica (barreira topográfica que força a massa de ar húmido a elevar-se, com consequente arrefecimento e condensação do vapor de água).

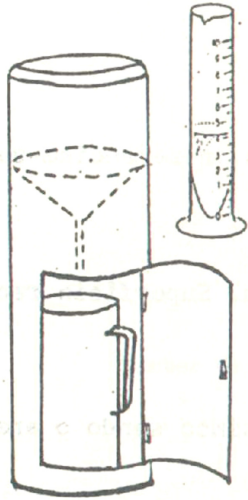


Precipitação de convecção (causada pelo movimento de massas de ar mais quentes que sobem, arrefecem e se condensam).

Precipitação ciclônica ou frontal (ocasionada pelo encontro de massas de ar de características distintas - ar quente + ar frio).



A precipitação é medida pontualmente, em pontos isolados equipados com dispositivos especiais, do tipo totalizador - **UDÓMETROS** (postos udométricos) - ou do tipo registador - **UDÓGRAFOS** (postos udográficos.)



UDÓMETRO



UDÓGRAFO (aparelho registador) e **UDOGRAMA** recolhido pelo udógrafo

Recipiente recetor

Recipiente recetor

Tambor rotativo

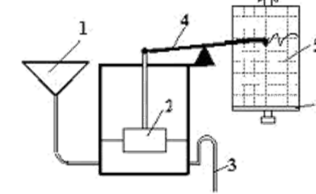
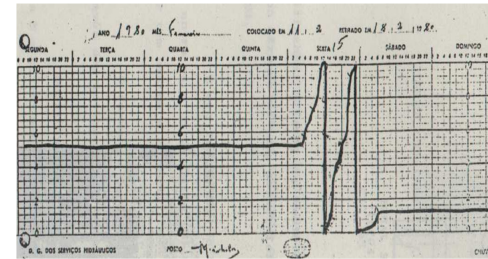
Caneta

Flutuador

Sifão

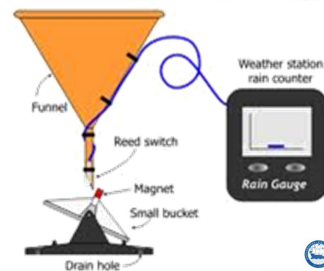
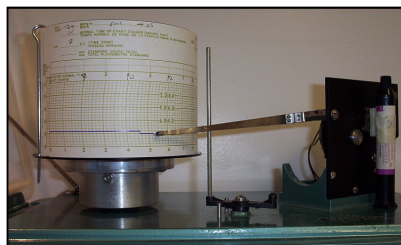
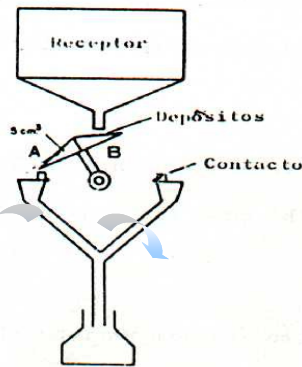
Depósito

Recipiente

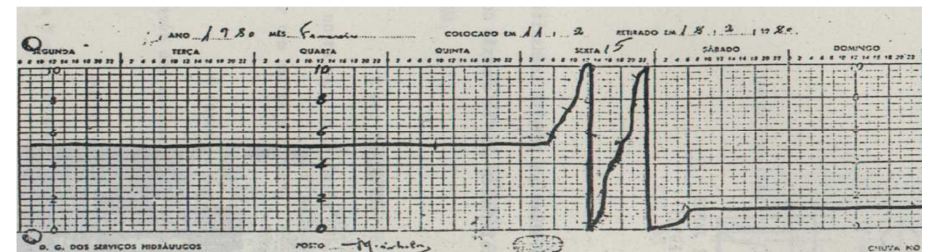
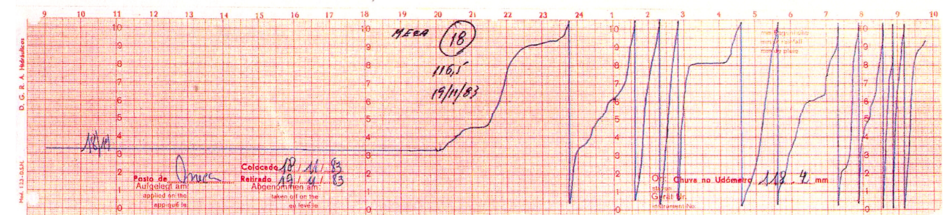


Udografos de sifão

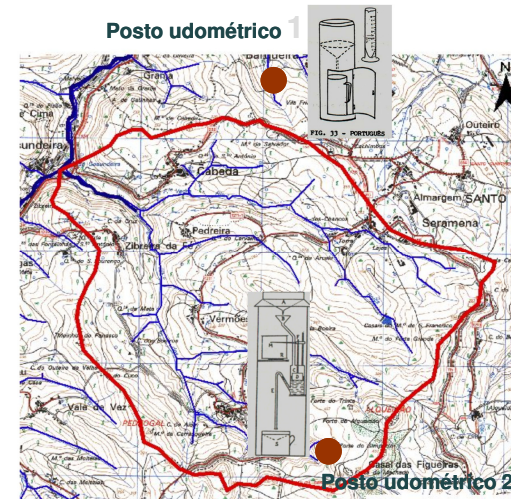
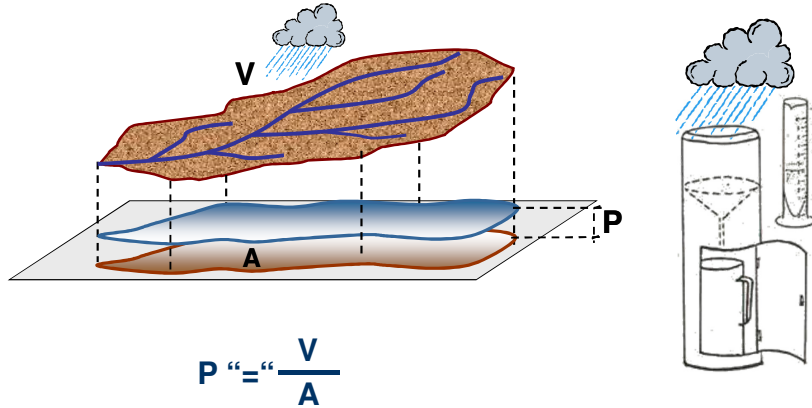
Udografos basculantes



Registos de um udografo de sifão - UDOGRAMA



A **precipitação** num dado intervalo de tempo (dia, mês, ano. ...) exprime-se em altura de água uniformemente distribuídas sobre a projeção horizontal da área a que se referem os volumes de água precipitada.

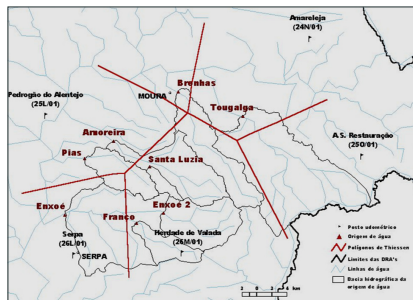


Conhecida a precipitação medida em postos udométricos num dado intervalo de tempo, como determinar a precipitação sobre a bacia hidrográfica no mesmo intervalo de tempo?

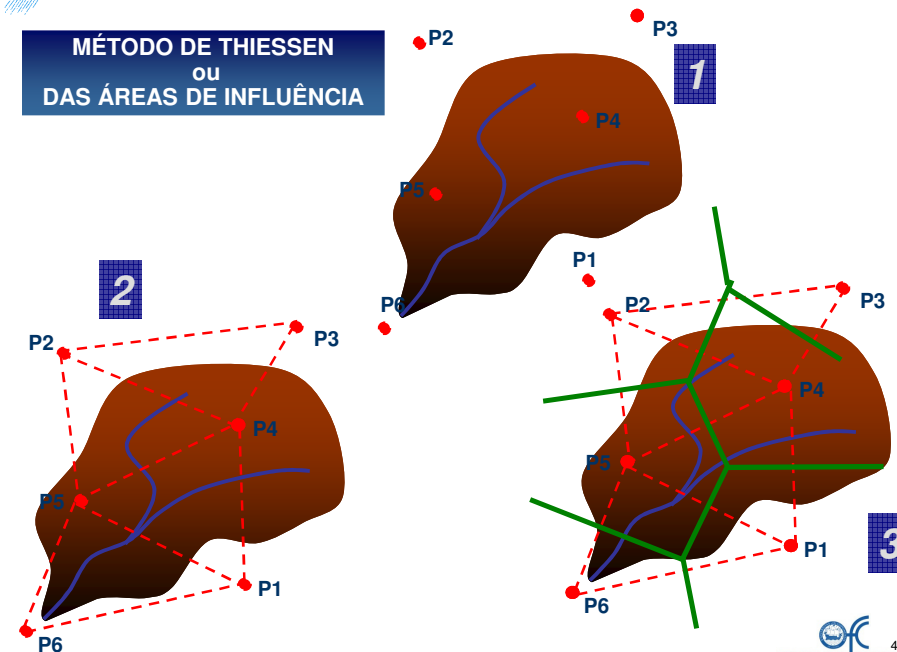
MÉTODO DE THIESSEN ou DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA
MÉTODO DAS ISOIETAS

MÉTODO DE THIESSEN ou DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA

- Atribui a cada posto uma *área de influência*: lugar geométrico dos pontos da bacia hidrográfica mais próximos desse posto do que de outro posto qualquer ↔ *peso do posto*.
- A precipitação a bacia hidrográfica resulta da *ponderação* das precipitações registadas nos postos com influência na bacia, tendo em conta as respetivas áreas de influência ou, equivalentemente, os respetivos pesos.

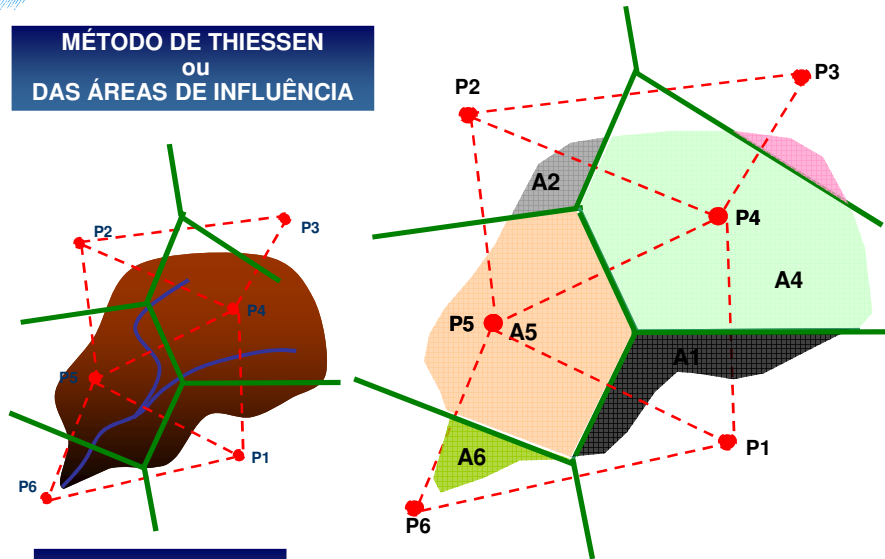


MÉTODO DE THIESSEN ou DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA



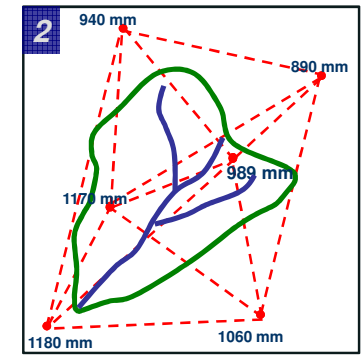
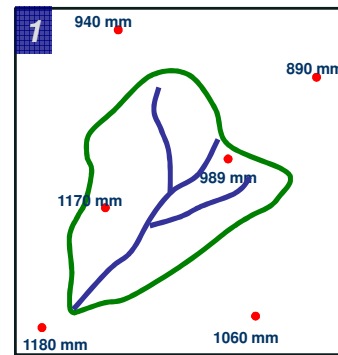


**MÉTODO DE THIESSEN
OU
DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA**

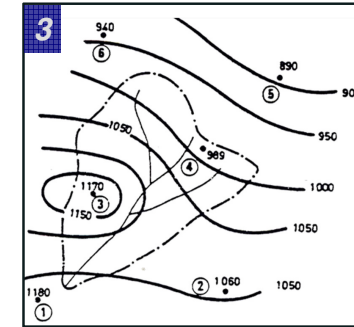


$$P = \sum p_i P_i$$

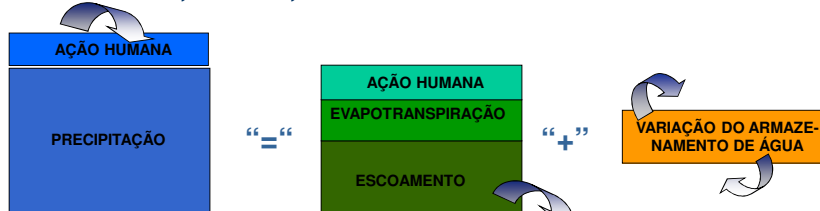
$p_i = A_i / A_T \Leftrightarrow$ peso do posto i (fração da área da bacia hidrográfica em que se considera que a precipitação é igual à precipitação registada no posto i no intervalo de tempo em causa).



MÉTODO DAS ISOIETAS



Avaliação de disponibilidades: precipitações em intervalos de tempo da ordem do dia, semana, mês ou ano HIDROLÓGICO

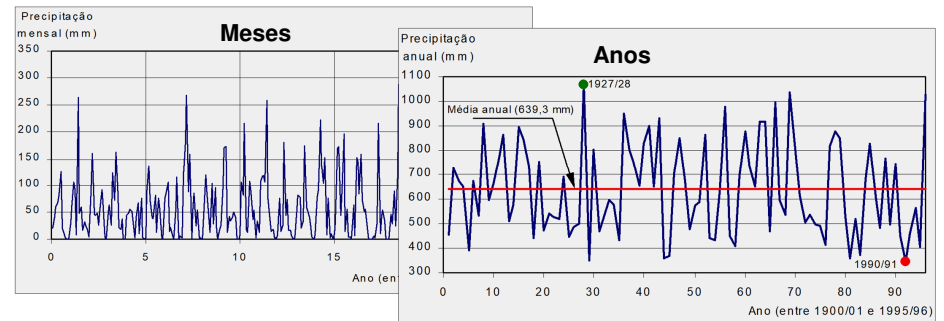


Em dadas condições – bacias hidrográficas naturais e em ano hidrológico $P = E + H \rightarrow H = \alpha + \beta P$

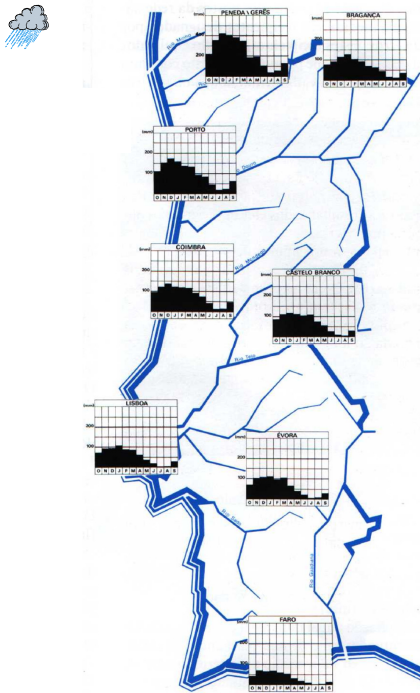
Caraterização de cheias: precipitações de curta duração e grande intensidade ou precipitações intensas – curvas IDF $i = a t^n$ e $n < 0$



Diagramas cronológicos das precipitações mensais e anuais, no posto de Évora, no período de 96 anos compreendido entre 1900/01 e 1994/95



ACENTUADA VARIABILIDADE TEMPORAL da precipitação caraterística do clima de Portugal Continental \rightarrow em média, cerca de 75% da precipitação registada no posto de Évora ocorreu no semestre de húmido, de Outubro a Março, e somente o remanescente, no semestre seco, de Abril a Setembro. Estas percentagens aproximam-se das médias no território de Portugal Continental, estimadas em sensivelmente 70 e 30%, respetivamente.



Caraterização esquemática da distribuição das precipitações mensais médias (em mm) nalguns postos do território.

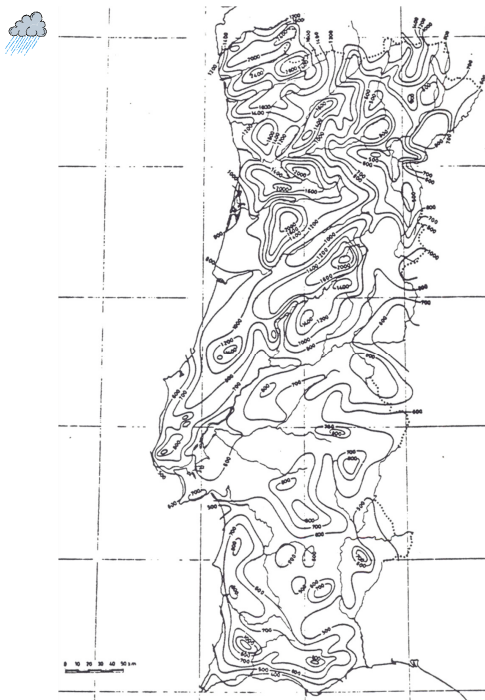
Evidente a SAZONALIDADE DO REGIME DE PRECIPITAÇÕES mas também as DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS NAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS MÉDIAS em diferentes zonas do País (eixos dos yy com a mesma graduação).



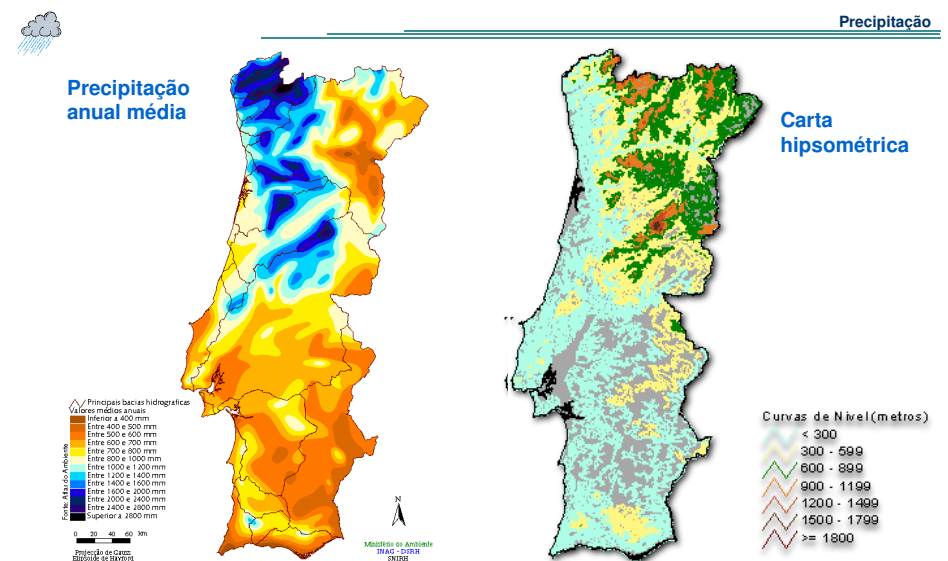
Caraterização esquemática da distribuição das precipitações mensais médias (em mm) nalguns postos do território.

Evidente a SAZONALIDADE DO REGIME DE PRECIPITAÇÕES mas também as DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS NAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS MÉDIAS em diferentes zonas do País (eixos dos yy com a mesma graduação).

REGISTOS REFERENTES AO ANO HIDROLÓGICO, COM INÍCIO DIA 1 DE OUTUBRO – DIA NACIONAL DA ÁGUA



Isolinhas da precipitação anual média
ou
isoietas anuais médias



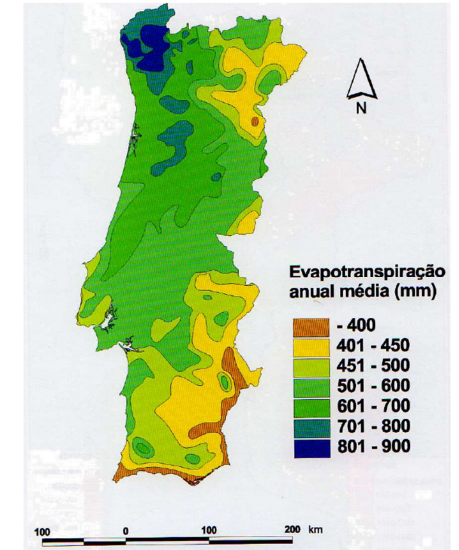
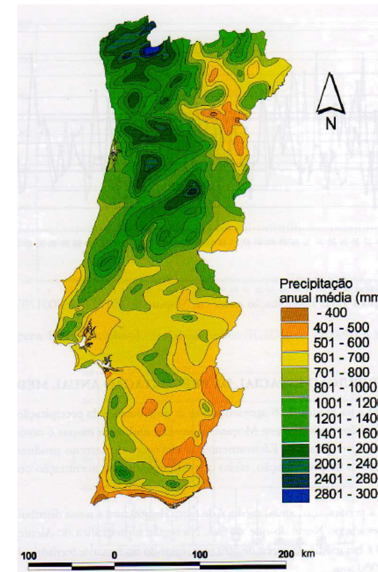
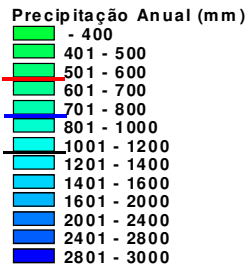
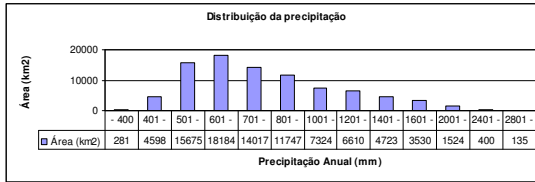
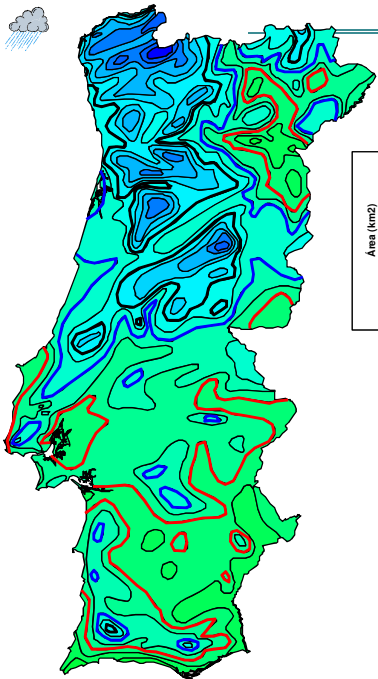
Precipitação anual média

Carta hipsométrica

Principais bacias hidrográficas
Valores médios anuais
Interior a 400 mm
Entre 400 e 500 mm
Entre 500 e 600 mm
Entre 600 e 700 mm
Entre 700 e 800 mm
Entre 800 e 1000 mm
Entre 1000 e 1200 mm
Entre 1200 e 1400 mm
Entre 1400 e 1600 mm
Entre 1600 e 2000 mm
Entre 2000 e 2400 mm
Entre 2400 e 2800 mm
Superior a 2800 mm

Curvas de Nível (metros)
< 300
300 - 599
600 - 899
900 - 1199
1200 - 1499
1500 - 1799
≥ 1800

Influência do relevo na distribuição espacial da precipitação em Portugal: a subida das massas de ar húmido provenientes do mar, provocada pelo relevo, origina, em regra, precipitações nas zonas a maior cota. A humidade do ar é assim diminuída, pelo que as zonas posteriormente atingidas pelas massas de ar recebem menos precipitação.



Distribuição espacial da precipitação e da evapotranspiração real anuais médias em Portugal Continental

Fonte: "Hidrologia e Recursos Hídricos", IST Press (2011)

Noções básicas de hidrologia

María Manuela Portela

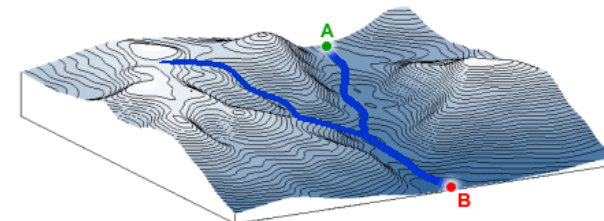
✓ Precipitações intensas

PRECIPITAÇÕES INTENSAS: precipitações com grande intensidade e com durações relativamente curtas.

Objetivo: determinação de caudais de ponta de cheia e consequente dimensionamento de obras hidráulicas.

Duração: em cada bacia hidrográfica, por regra igual ao tempo de concentração dessa bacia, t_c – tempo que a gota de água precipitada no ponto da bacia hidrográfica cinematicamente mais afastado da secção de referência demora a atingir tal secção.

(Se a precipitação tiver duração igual ao tempo de concentração, t_c , maximiza-se a intensidade da precipitação, i , que assegura que toda a bacia hidrográfica contribui em simultâneo para o escoamento na secção terminal, logo, assegura-se o maior caudal de ponta de cheia



$$Q \propto i A$$



F. de Giandotti

$$t_c = \frac{4 \sqrt{A + 1.5 L}}{0.8 \sqrt{h_m}}$$

F. de Kirpich

$$t_c = 0.946 \frac{L^{1.155}}{\Delta H^{0.385}}$$

F. de Temez

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{d_m^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Precipitação de projeto a adotar no cálculo de caudais de ponta de cheia: precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica

- L – desenvolvimento do curso de água principal (km)
- h_m – altura média da bacia hidrográfica (m) (curva hipsométrica)
- d_m – declive médio do curso de água principal (-)
- ΔH – diferença máxima de cotas no curso de água principal (m)



F. de Giandotti

$$t_c = \frac{4 \sqrt{A + 1.5 L}}{0.8 \sqrt{h_m}}$$

F. de Kirpich

$$t_c = 0.946 \frac{L^{1.155}}{\Delta H^{0.385}}$$

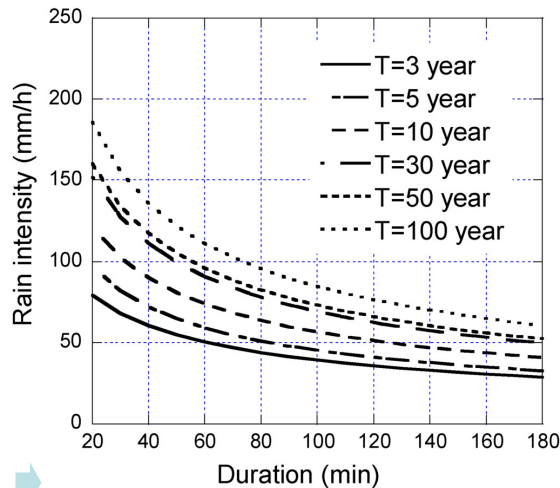
F. de Temez

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{d_m^{0.25}} \right)^{0.76}$$

- t_c – tempo de concentração (h)
- A – área da bacia hidrográfica (km²)
- L – desenvolvimento do curso de água principal (km)
- h_m – altura média da bacia hidrográfica (m) (curva hipsométrica)
- d_m – declive médio do curso de água principal (-)
- ΔH – diferença máxima de cotas no curso de água principal (m)



CURVA INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (relação entre a intensidade da precipitação, i, e a respetiva duração, t)



Para um dado período de retorno de T anos, adotado como critério de projeto

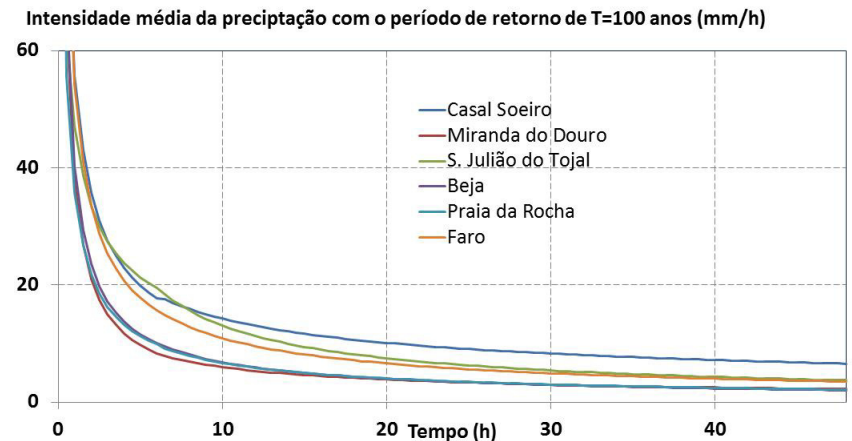
$$i = P/t = a t^n$$

com $n < 0$



Curvas intensidade-duração-frequência (curvas IDF) em postos de Portugal Continental para o período de retorno de T=100 anos

$$i = a t^n \text{ com } n < 0$$





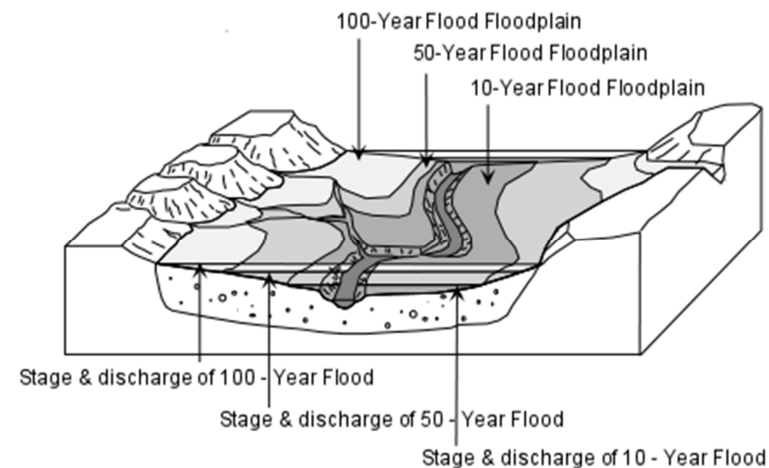
Algumas variáveis hidrológicas, como uma dada precipitação intensa e o caudal de ponta de cheia, Q , que origina, representam “condições” de projeto (quer esse projeto diga respeito à delimitação de uma zona inundável, quer tenha em vista o dimensionamento de uma obra hidráulica de grande envergadura) sendo muito mais frequentemente definidas para um dado critério de projeto expresso pela probabilidade de não-excedência, F , que corresponde aos valores dessas variáveis:

$$P(X \leq Q) = F(Q) = F$$

(Probabilidade de não-excedência = probabilidade de ocorrerem valores da variável aleatória inferiores ou iguais a um dado valor de projeto)



PERÍODO DE RETORNO



PERÍODO DE RETORNO



PERÍODO DE RETORNO: número de anos que, em média, separa a ocorrência de valores da variável hidrológica aleatória superiores ou iguais a um dado limiar

$$T = \frac{1}{1-F}$$

$$F = 1 - \frac{1}{T}$$

Probabilidade de não-excedência F (%)	Período de retorno T (anos)
0.900	10
0.980	50
0.990	100
0.998	500
0.999	1000

O conceito de período de retorno **NÃO CONTÉM** qualquer noção de periodicidade. A probabilidade do valor ocorrer em qualquer ano é de $1/T$, de ocorrer em dois anos consecutivos $(1/T)^2$... de ocorrer em três anos consecutivos $(1/T)^3$...



Caudal de ponta de cheia pela fórmula racional (fórmula empírica cinemática)

Q = C i A (fórmula homogénea)

- Q caudal de ponta de cheia com o período de retorno de T anos (m³/s)
C coeficiente que fundamentalmente atende às perdas de precipitação (... tipo e uso do solo e do período de retorno ...para T=100 anos)
i intensidade média da precipitação com duração igual ao tempo de concentração e com o período de retorno T (m/s)
A área da bacia hidrográfica (m²)

Como estimar i para o período de retorno, T, adotado como critério de projeto?

61



Slide showing map of Portugal and text: ANÁLISE DE FENÓMENOS EXTREMOS PRECIPITAÇÕES INTENSAS EM PORTUGAL CONTINENTAL. Document disponível no SNIRH ...

i = P/t = a t^n

62

Tabelas com os parâmetros a e b das curvas estimados em postos de rede udométrica nacional para diferentes intervalos de duração da precipitação e para diferentes períodos de Retorno, T - PARA i EXPRESSO EM mm/h E t EM MINUTOS



T (anos)

Table with columns for Return Period (T) and Intensity (i) for various gauging stations across Portugal.

Postos udométricos para os quais foram estabelecidas IDF

63

Slide showing equation: i (mm/h) = a t (min)^b and a small diagram of a rain gauge.

Large table with columns for Return Period (T) and Intensity (i) for various gauging stations, including a section for 5 and 30 minute durations.

(Adaptada de BRANDÃO e RODRIGUES, 1998, e de BRANDÃO et al., 2001).

223



$i \text{ (mm/h)} = a \text{ t (min)}^b$
Durações de 30 a 6 h

Posto udrográfico	Períodos de retorno (anos)																																																																																																																																																															
	2						5				10				20				50				100				500				1000																																																																																																																																	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b																																																																																																																														
02G/09 Casal Soeiro	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680	208.20	-0.533	347.51	-0.581	445.15	-0.602	541.43	-0.617	668.78	-0.632	785.84	-0.640	902.85	-0.656	1091.80	-0.680

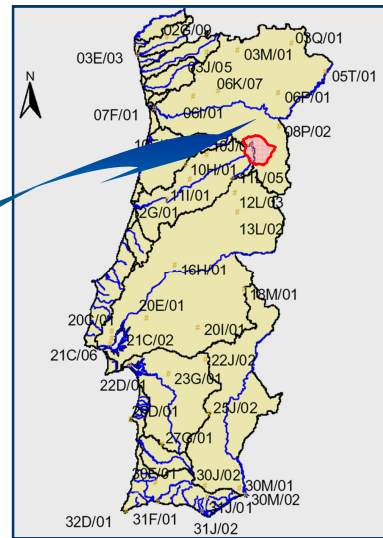
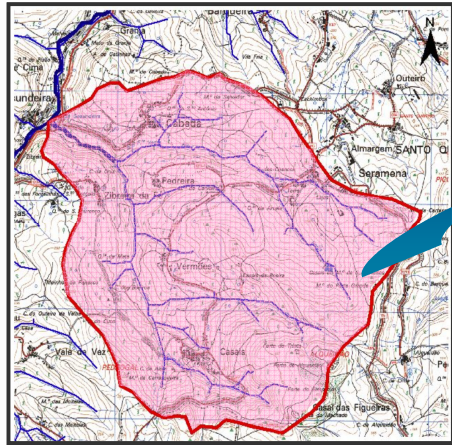
(Adaptada de BRANDÃO e RODRIGUES, 1998, e de BRANDÃO et al., 2001).



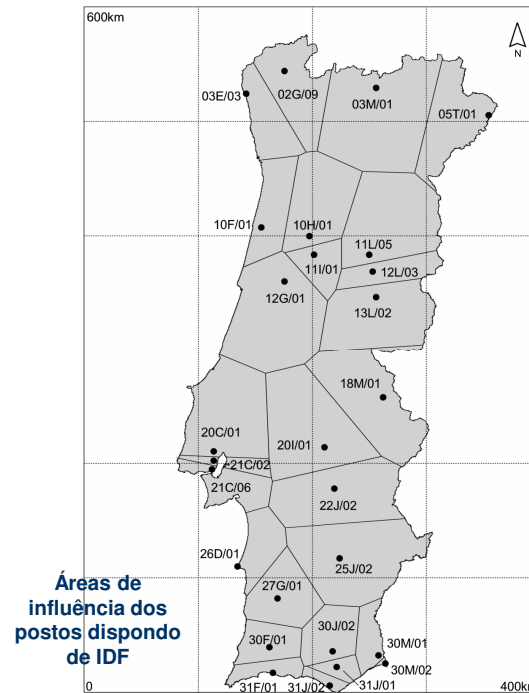
$i \text{ (mm/h)} = a \text{ t (min)}^b$
Durações de 6 a 48 h

Posto udrográfico	Períodos de retorno (anos)																																																																																																																																															
	2						5				10				20				50				100				500				1000																																																																																																																	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b																																																																																																														
02G/09 Casal Soeiro	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472	202.20	-0.589	287.00	-0.545	293.03	-0.527	302.25	-0.513	317.15	-0.499	329.73	-0.491	361.60	-0.477	376.10	-0.472

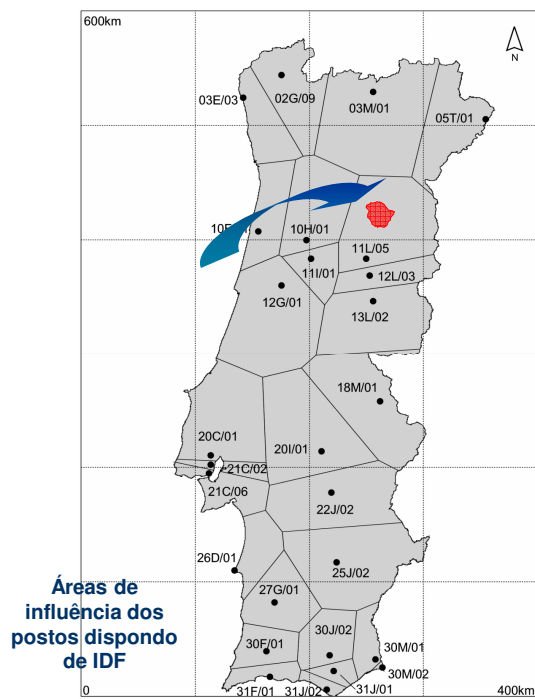
(Adaptada de BRANDÃO e RODRIGUES, 1998, e de BRANDÃO et al., 2001).



Adoção da IDF relativa ao posto, de entre os estudados por Brandão *et al.*, 2001, em cuja área de influência se localiza se uma bacia hidrográfica



Código	Designação
02G/09	Casal Soeiro
05T/01	Miranda do Douro
03M/01	Chaves
03E/03	Viana do Castelo
10F/01	Aveiro (Universidade)
10H/01	Caramulo
11I/01	Santa Comba Dão
11L/05	Penhas Douradas
12L/03	Covilhã
12G/01	Coimbra (IG)
13L/02	Gralhas
21C/06	Lisboa (IGIDL)
21C/02	Lisboa (Portela)
20C/01	S. Julião do Tojal
18M/01	Portalegre
20I/01	Pavia
22J/02	Évora-Cemitério
25J/02	Beja
26D/01	Sines
27G/01	Relíquias
30J/02	Catraia
31J/01	S. Brás de Alportel
30M/01	Figueirais
31F/01	Praia da Rocha
30F/01	Monchique
31J/02	Faro
30M/02	Vila Real de Santo António



Posto udográfico	
Código	Designação
02G/09	Casal Soeiro
05T/01	Miranda do Douro
03M/01	Chaves
03E/03	Viana do Castelo
10F/01	Aveiro (Universidade)
10H/01	Caramulo
11I/01	Santa Comba Dão
11L/05	Penhas Douradas
12L/03	Covilhã
12G/01	Coimbra (IG)
13L/02	Gralhas
21C/06	Lisboa (IGIDL)
21C/02	Lisboa (Portela)
20C/01	S. Julião do Tojal
18M/01	Portalegre
20I/01	Pavia
22J/02	Évora-Cemitério
25J/02	Beja
26D/01	Sines
27G/01	Relíquias
30J/02	Catraia
31J/01	S. Brás de Alportel
30M/01	Figueirais
31F/01	Praia da Rocha
30F/01	Monchique
31J/02	Faro
30M/02	Vila Real de Santo António

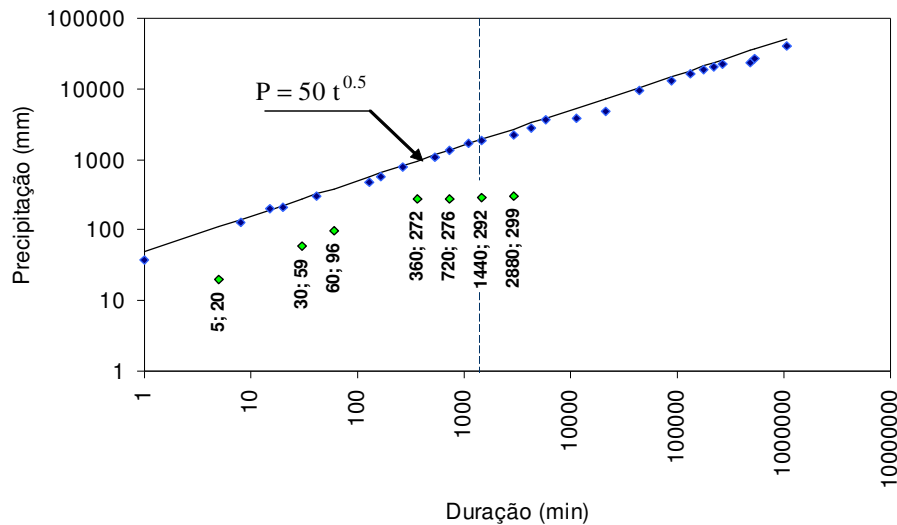
Recordes mundiais de precipitação

Duração	Precipitação (mm)	Intensidade média (mm h ⁻¹)	Local	Data de início
1 min	38	2280	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 10min	483	223	Rockport, West Virgínea	18-07-1889
2h 45min	559	203	D'Hanis, Texas	31-05-1935
4h 30min	782	174	Smethport, Pennsilvanea	18-07-1942
9h	1087	121	Belouve, La Réunion	28-02-1964
12h	1340	112	Belouve, La Réunion	28-02-1964
18h 30min	1689	91	Belouve, La Réunion	28-02-1964
24h	1825	76	Foc Foc, La Réunion	15-03-1952
2 d	2259	47	Hsin Liao, Taiwan	17-10-1967
3 d	2759	38	Cherrapunji, Índia	12-09-1974
4 d	3721	39	Cherrapunji, Índia	12-09-1974
8 d	3847	20	Bellenden Ker, Queensland	01-01-1979
15 d	4798	13	Cherrapunji, Índia	24-06-1931
31 d	9300	13	Cherrapunji, Índia	Jul 1861
2 meses	12767	9	Cherrapunji, Índia	Jun 1861
3 meses	16369	7	Cherrapunji, Índia	Mai 1861
4 meses	18738	6	Cherrapunji, Índia	Abr 1861
5 meses	20412	6	Cherrapunji, Índia	Abr 1861
6 meses	22454	5	Cherrapunji, Índia	Abr 1861
11 meses	22990	3	Cherrapunji, Índia	Jan 1861
1 ano	26461	3	Cherrapunji, Índia	Ago 1860
2 anos	40768	2	Cherrapunji, Índia	Jan 1860



Precipitação

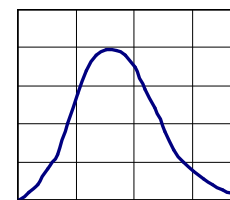
Recordes mundiais de precipitação



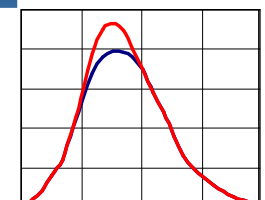
(1 dia = 1440 min; 30 dias = 43200 min; 365 dias = 525600 min).

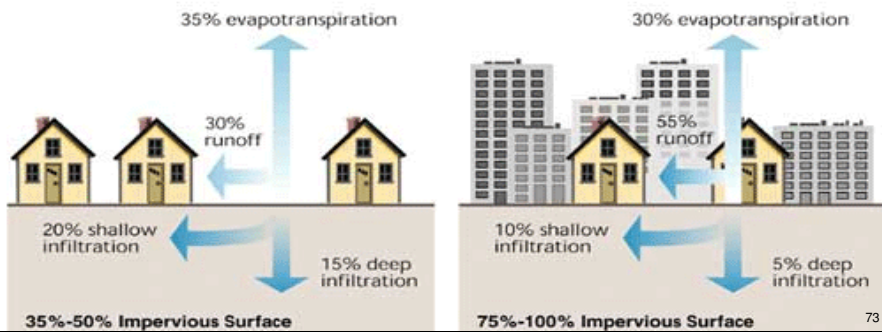
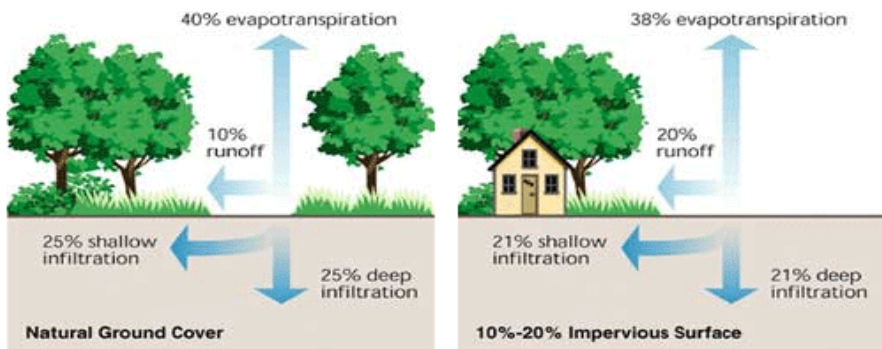


Efeito do aumento da área urbanizada.

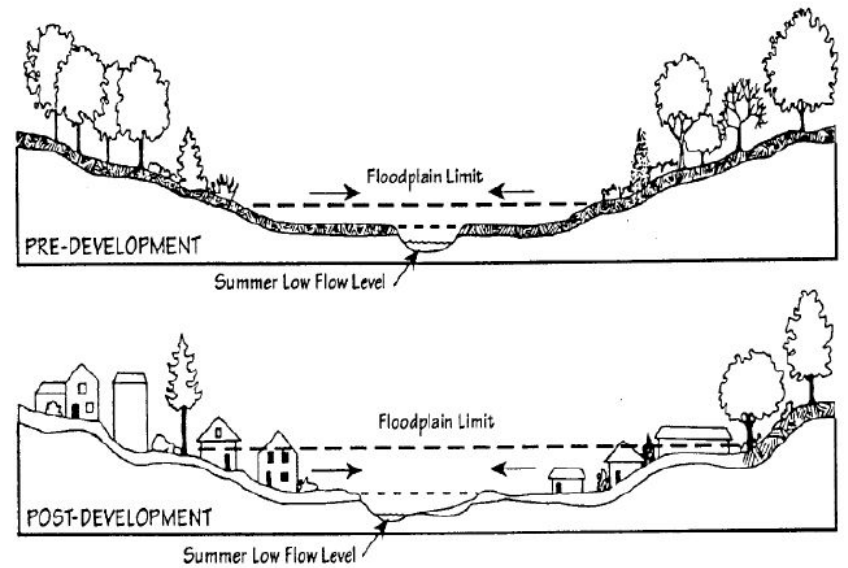


Efeito do aumento da área urbanizada: aumento do caudal de ponta de cheia por diminuição, quer das perdas de precipitação (diminuição da infiltração), quer do tempo de concentração.





73



Efeito da urbanização no hidrograma de cheia

