

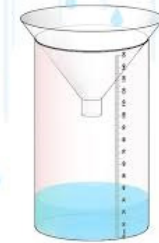
HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

Precipitação

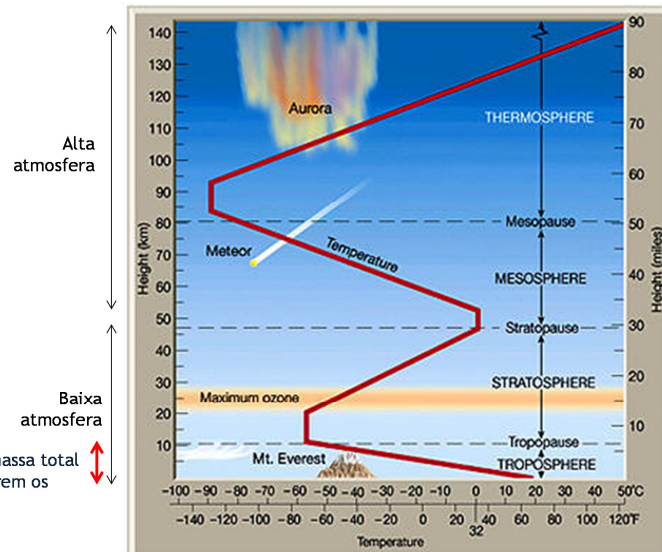


PRECIPITAÇÃO: toda a água que provindo da atmosfera atinge a superfície da Terra.

- A precipitação resulta da **CONDENSAÇÃO** do vapor de água da atmosfera, o que implica, além da presença de **NÚCLEOS DE CONDENSAÇÃO**, o **ARREFECIMENTO** desse vapor.
- Não obstante a precipitação poder ocorrer sob diferentes formas diferenciadas pelo estado da água ao atingir a superfície (chuva, neve, granizo, saraiva, orvalho, geada, névoa ou neblina), em Portugal apenas a **PRECIPITAÇÃO LÍQUIDA** assume importância prática
- Uma vez que a precipitação “**ALIMENTA**” a fase terrestre do ciclo hidrológico é indispensável o conhecimento do seu valor para que, entre outros aspetos, se possa equacionar o balanço hidrológico. Tal conhecimento requer a **MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO**.

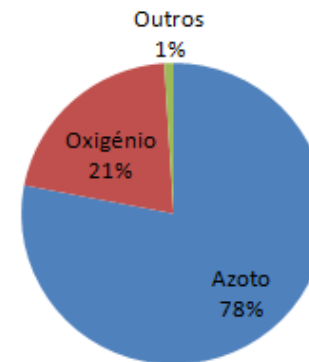


Atmosfera



Troposfera: Possui 75% da massa total da atmosfera e é onde ocorrem os fenômenos meteorológicos

Composição química da atmosfera (ar seco)



- ✓ A água encontra-se predominantemente na fase gasosa (vapor de água), sendo desprezável a que se encontra na fase líquida ou sólida nas (nuvens)
- ✓ Volume de água na atmosfera :
Vol = 13.000 km³ (corresponde to 25 mm)
~0,04% do volume total de água na Terra.
- ✓ A concentração de vapor de água varia muito no espaço e no tempo :
Sobre os desertos: 0%;
Sobre os oceanos: 4%;
- ✓ Tempo de residência reduzido: ~8 dias.

Água na atmosfera

- Quantidade média na atmosfera: 25 mm
- Enorme variação temporal e espacial:
- Norte vs Sul

Latitude (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Hem. N (mm)	43.9	39.9	31.1	21.8	16.4	13.2	10.4	7.0	4.8
Hem. S (mm)	42.9	40.5	31.6	21.7	16.1	12.1	7.2	3.0	1.0

- Em altitude: 50% até 1500 m (850 mb); 90% até 6000 m (500 mb)

Tensão de saturação do vapor

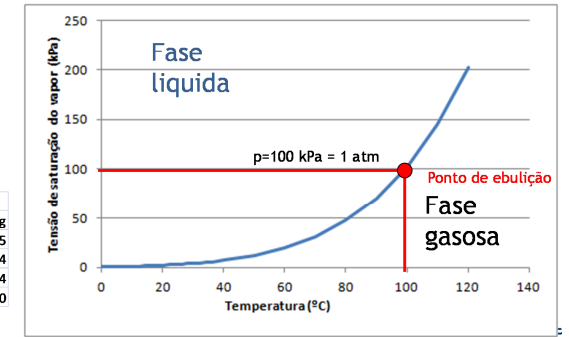
A tensão de saturação do vapor pode ser calculada a partir da temperatura do ar, T_a :

$$e_a^* \text{ (mm Hg), } T_a \text{ (°K)} \quad e_a^* \text{ (kPa), } T_a \text{ (°C)} \quad e_a^* \text{ (mb), } T_a \text{ (°C)}$$

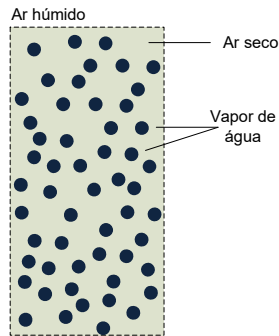
$$e_a^* = 4,58 \cdot \exp\left[\frac{17,67(T_a - 273,15)}{T_a - 29,6}\right] \quad e_a^* = 0,6108 \cdot \exp\left[\frac{12,27 \cdot T_a}{237,3 + T_a}\right] \quad e_a^* = 2,749 \cdot 10^8 \cdot \exp\left[\frac{-4278,6 \cdot T_a}{242,79 + T_a}\right]$$

$T_a = 100^\circ\text{C} \rightarrow e_a^* = p_{\text{atm}}$

T(°C)	ea*				
	kPa	kgf/m2	atom	mbar	mm Hg
0	0.611	0.062	0.006	0.584	4.585
20	2.338	0.239	0.023	2.236	17.554
30	4.243	0.433	0.042	4.057	31.854
100	102.216	10.430	1.010	97.744	767.370



Vapor de água e humidade



Ar húmido = Ar seco + Vapor de água

- Humidade absoluta : Quantidade de vapor de água por unidade de volume de ar; exprime-se em g/m^3 .

$$\rho_w = \frac{M_w}{V}$$

- Humidade relativa : 0% (ar seco) a 100% (ar saturado)

$$h_r = 100 \cdot \frac{e_a}{e_a^*}$$

- Humidade específica: Massa do vapor de água por unidade de massa do volume de ar; exprime-se em g/g ou g/kg

$$q = \frac{M_w}{M}$$

$$V = V_w + V_d$$

$$M = M_w + M_d$$

$$\rho_w = \frac{M_w}{V} \quad \rho_d = \frac{M_d}{V}$$

$$\rho = \frac{M}{V} = \rho_w + \rho_d$$

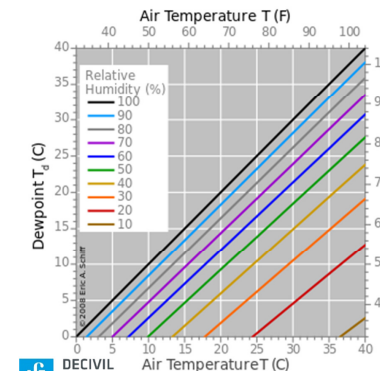
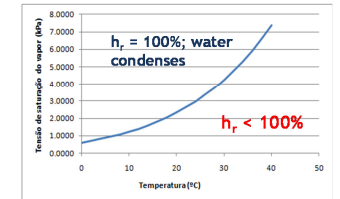
ρ_d - Massa volúmica do ar seco

ρ - Massa volúmica do ar húmido

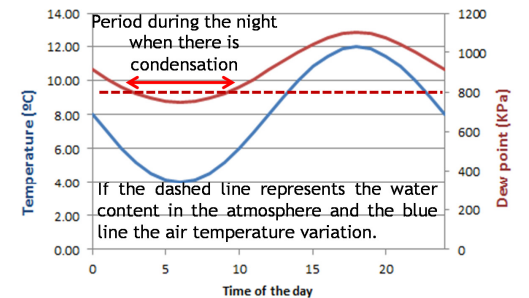
Temperatura de ponto de orvalho

Ponto de orvalho: A temperatura à qual o ar atinge o seu ponto de saturação e em que a quantidade de vapor de água existente no ar começa a condensar /

$$e_s = 611 \cdot \exp\left(\frac{12,27T}{237,2 + T}\right)$$



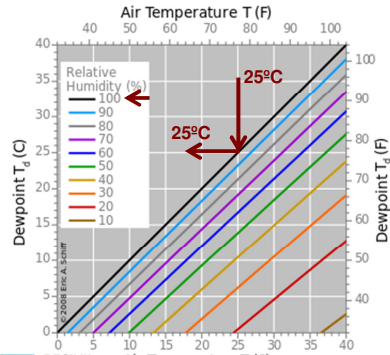
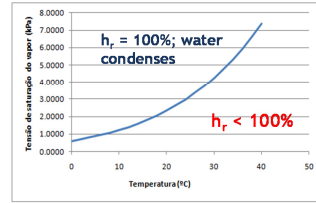
Example:



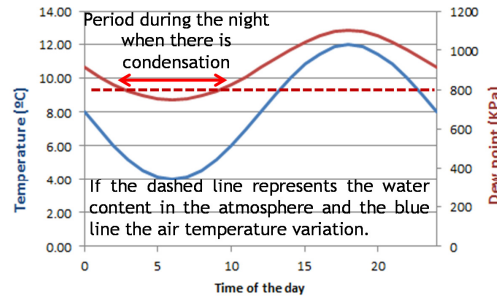
Temperatura de ponto de orvalho

Ponto de orvalho: A **temperatura** à qual o ar atinge o seu ponto de saturação e em que a quantidade de vapor de água existente no ar começa a condensar /

$$e_s = 611 \cdot \exp\left(\frac{12,27T}{237,2 + T}\right)$$



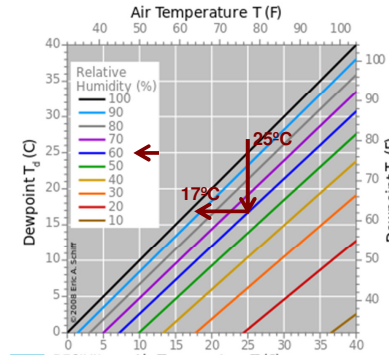
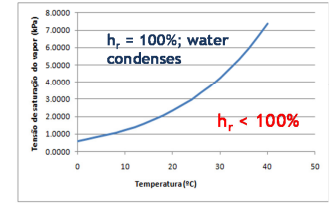
Example:



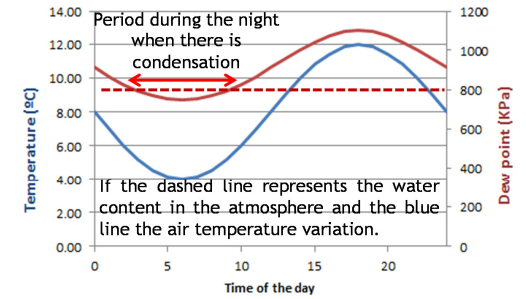
Temperatura de ponto de orvalho

Ponto de orvalho: A **temperatura** à qual o ar atinge o seu ponto de saturação e em que a quantidade de vapor de água existente no ar começa a condensar /

$$e_s = 611 \cdot \exp\left(\frac{12,27T}{237,2 + T}\right)$$

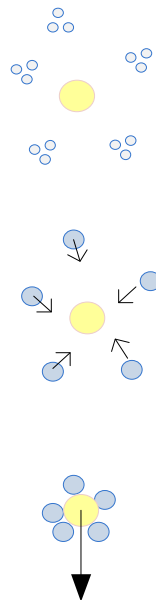


Example:

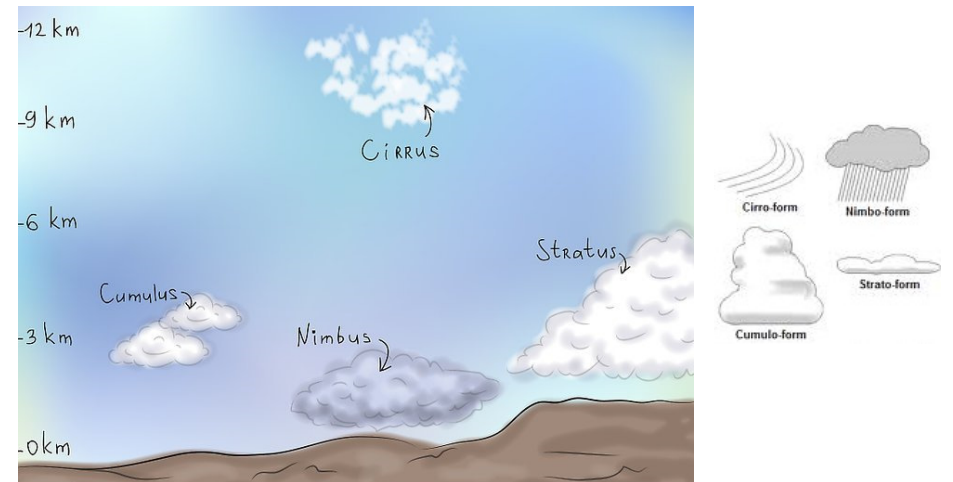


Formação da precipitação

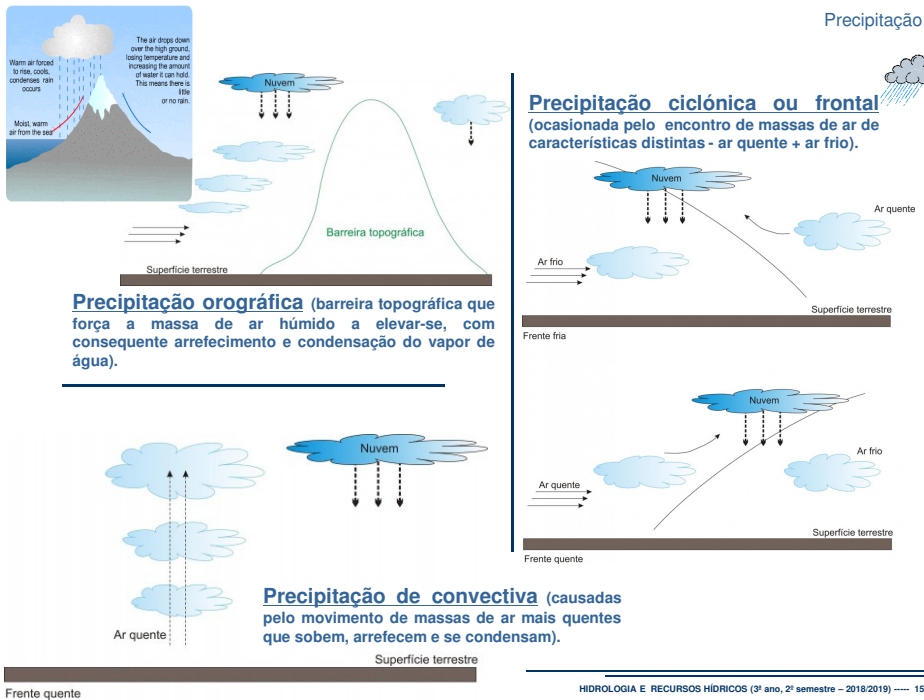
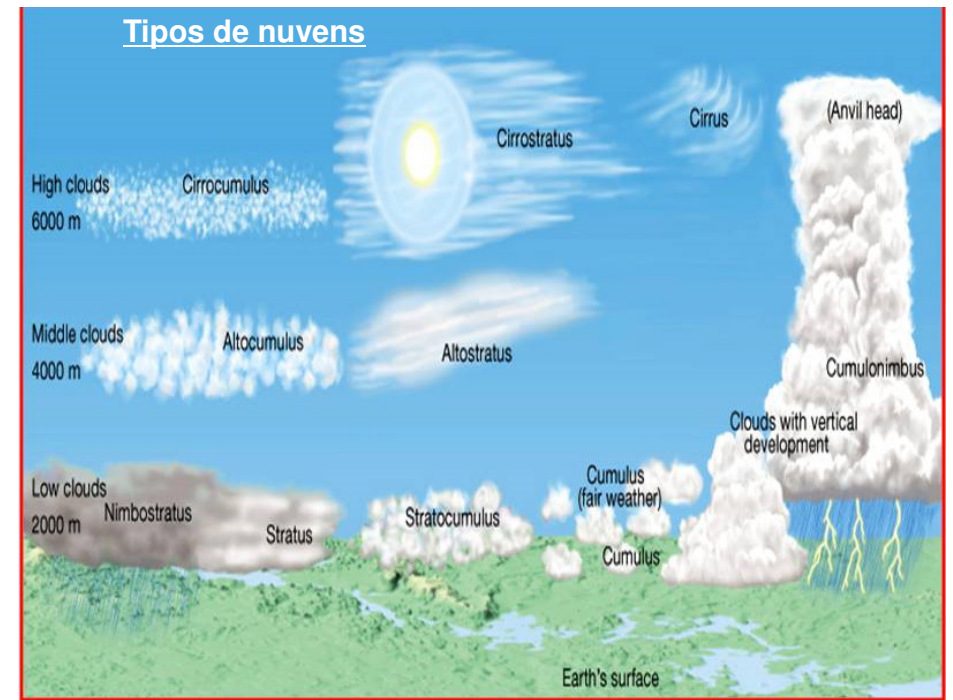
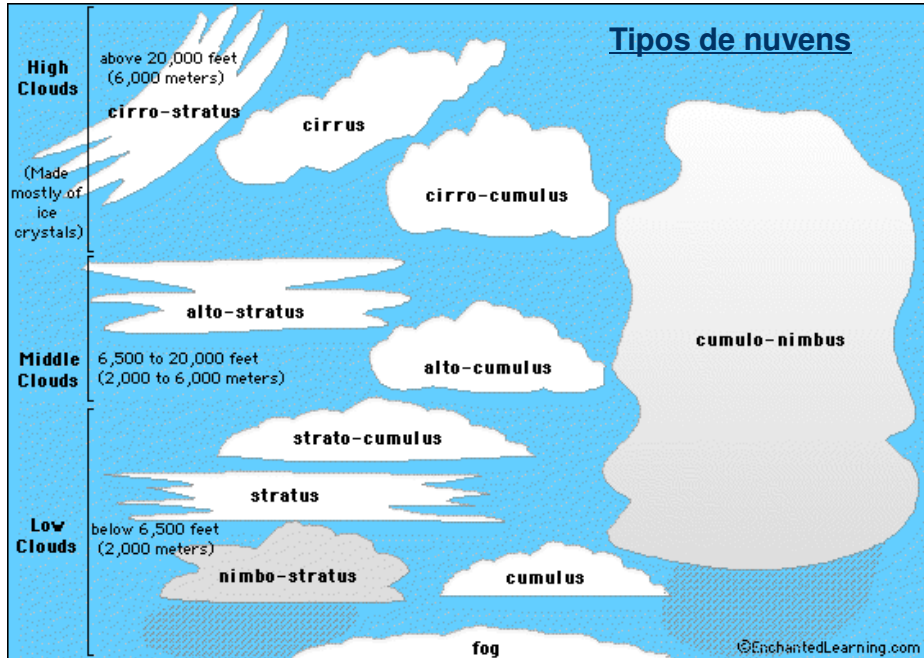
- ✓ Vapor de água existente na atmosfera condensa (passa à fase líquida):
 - por redução da temperatura do ar;
 - por aumento da quantidade de água e da tensão do vapor (compressão).
- ✓ As gotas de água coalescem em torno de um núcleo com massa suficiente para se precipitar.



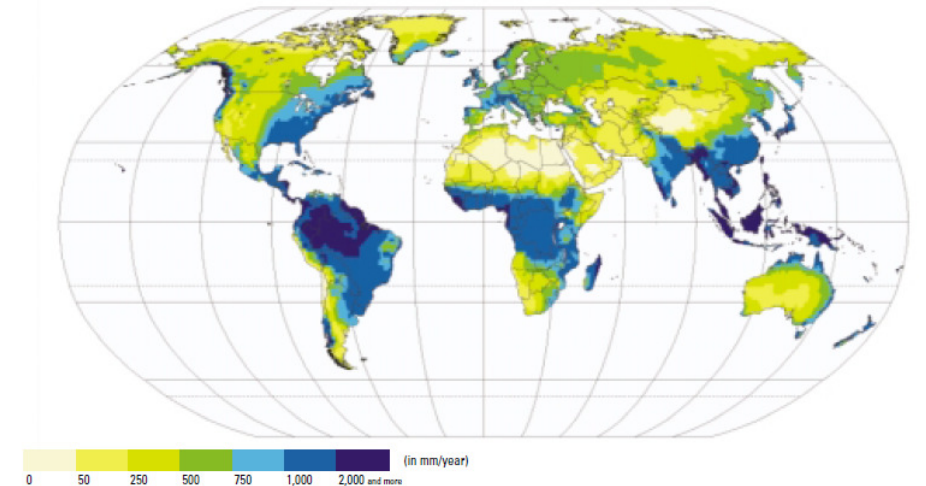
Tipos de nuvens



<https://www.wikihow.com/Forecast-the-Weather-Using-Clouds>



Precipitação anual média



1	Mawsynram, Índia	11871
2	Cherrapunji, Índia	11777
3	Tutendo, Colômbia	11770
4	Cropp River, Nova Zelândia	11516
5	San Antonio de Ureca, Guiné Equatorial	10450
6	Debundscha, Camarões	10299
7	Big Bog, Havai	10272
8	Mt Waialeale, Havai	9763
9	Kukui, Havai	9293
10	Emei Shan, China	8169



A precipitação que atinge o vale sob a forma de neve é "varrida" por ventos catábicos, fortes e secos, sofrendo um processo de sublimação

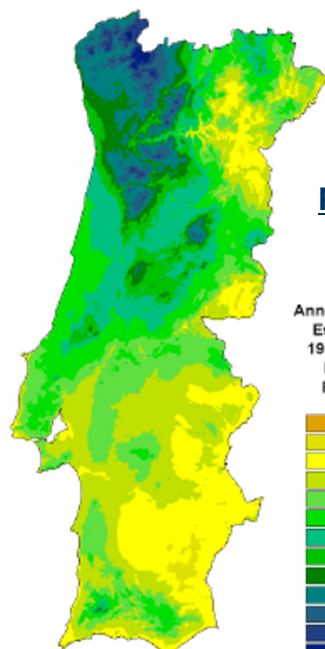
Extremos da precipitação anual média



1	Aoulef, Argélia	12.190
2	Pelican Point, Namíbia	8.130
3	Iquique, Chile	5.080
4	Wadi Alfa, Sudão	2.450
5	Ica, Chile	2.290
6	Luxor, Egito	0.862
7	Assuão, Egito	0.861
8	Kufra, Líbia	0.860
9	Arica, Chile	0.761
10	Atacama, Chile	0.100
11	McMurdo Dry Valleys, Antártida	0.000

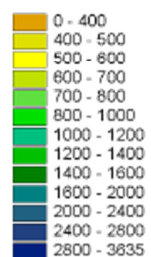
<https://ourpint.com/top-ten-driest-places-earth/>

Extremos da precipitação anual média



Precipitação anual média

Annual Precipitation Estimates (mm) 1959/60 - 1990/91 Kriging with External Drift



0 40 80 Kilometers



MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO (embora de modo descontinuado)

- ↪ **Mais antiga referência à medição da precipitação: século IV a.C.** tendo ocorrido na **Índia**, por ordem do Chanceler Kautilya que, como imposto indireto sobre os produtos agrícolas, decidiu taxar os solos de acordo com a água neles precipitada.
- ↪ **Menção seguinte conhecida: Palestina**, por volta do **século I d.C.** tendo sido também motivada pela importância do fenómeno para a agricultura.
- ↪ A relevância que as cheias em rios e canais assumiu desde sempre na **China** determinou que se procedessem também a medições de precipitação a partir de **1247 d.C.** Para o efeito, eram utilizados **medidores do tipo totalizador**, constituídos por grandes recipientes de bambu, instalados em todas as capitais provinciais e de distrito.
- ↪ A medição da precipitação foi também muito precocemente iniciada na **Coreia**, provavelmente por influência da China, mas essencialmente para fornecer informação fundamental para a cultura do arroz, de que dependia a economia daquele país. A primeira referência a medições de precipitação na Coreia data de **1441** utilizando para o efeito **dispositivos totalizadores (udómetros)** permaneceram em uso até parte do século XX.



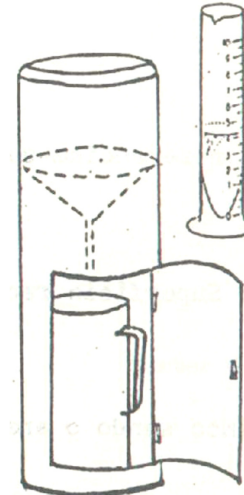
Udómetro Coreano de 1441

(patente em Lisboa, durante a EXPO98, no pavilhão da Coreia).



Aparelhos totalizadores ou udómetros

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



Aparelhos totalizadores ou udómetros

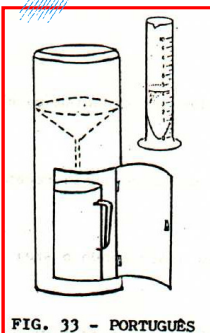


FIG. 33 - PORTUGUÊS

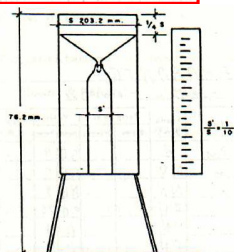


FIG. 37 - AMERICANO

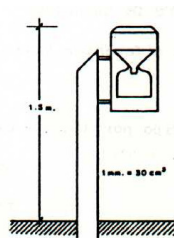


FIG. 34 - ESPANHOL

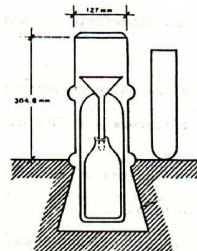


FIG. 35 - INGLÊS

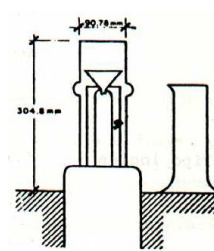


FIG. 36 - CANADIANO

- Geometria e instalação normalizadas.
- A precipitação medida pode diferir da precipitação que atinge o solo na vizinhança do aparelho:
 - defeitos do aparelho, incluindo má instalação;
 - evaporação;
 - efeito do vento sobre as trajetórias da precipitação:
 - efeito do próprio aparelho;
 - efeito do local.

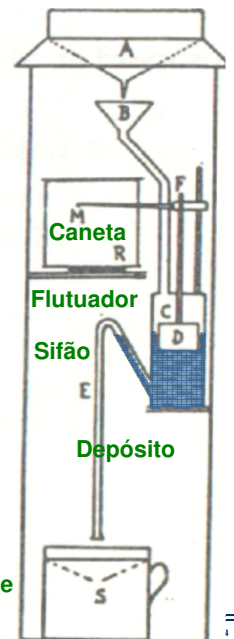
(quanto maior é o intervalo de tempo para o qual são obtidas as medições da precipitação menor é o erro afeto às mesmas).



UDÓGRAFO (aparelho registador) e UDOGRAMA recolhido pelo udografo

Recipiente recetor

Tambor rotativo

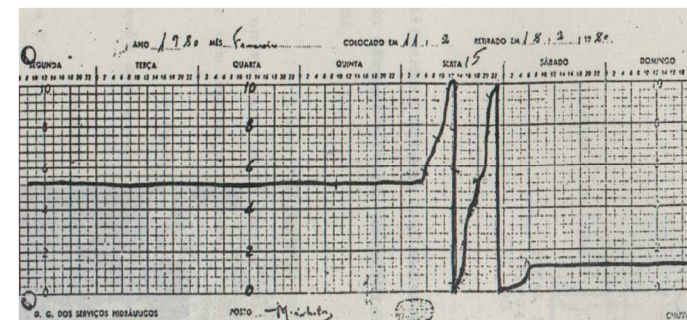


Caneta

Flutuador

Sifão

Depósito



Udografo de sifão

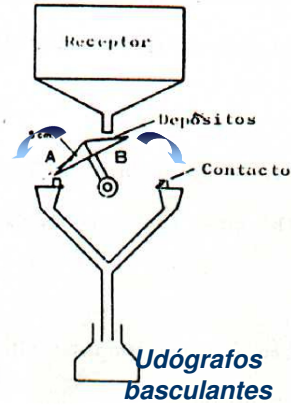
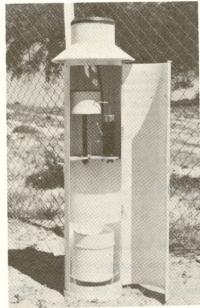
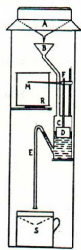
Recipiente



Aparelhos registadores ou udógrafos

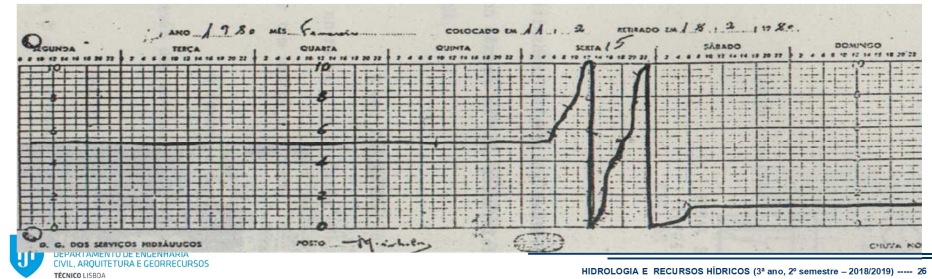
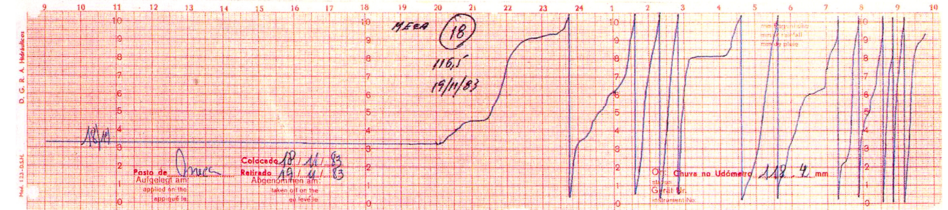
Udógrafo de sifão

- A, H - Recipiente Receptor
- C - Depósito
- D - Flutuador
- E - Sifão
- F - Haste do Flutuador
- G - Aparo
- H - Tumbor de Registro
- S - Recipiente

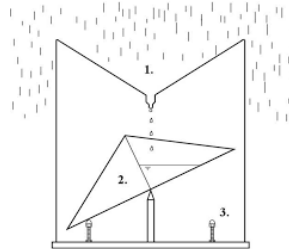


Registos produzidos pelos totalizadores ou udómetros

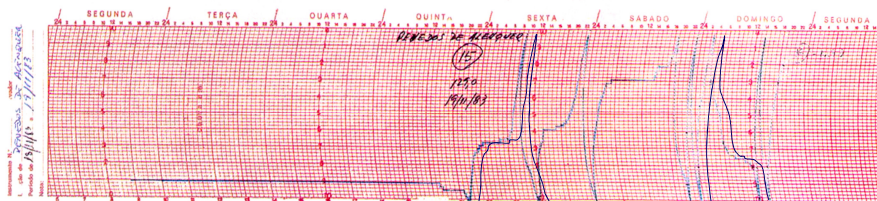
Registos/UDOGRAMA de um udógrafo de sifão



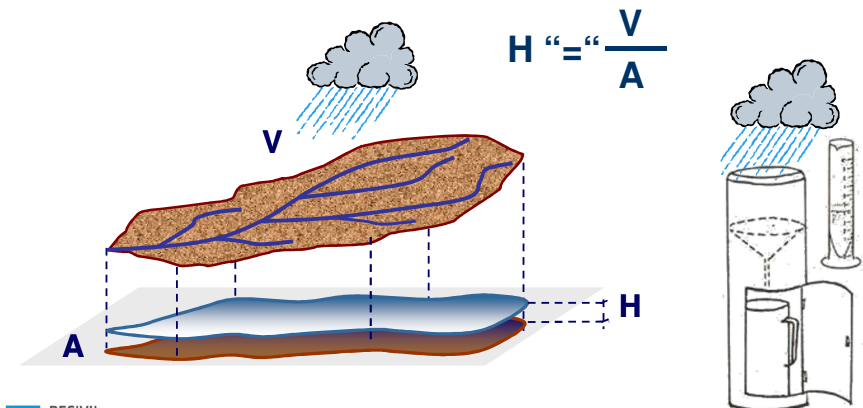
Aparelhos totalizadores ou udómetros

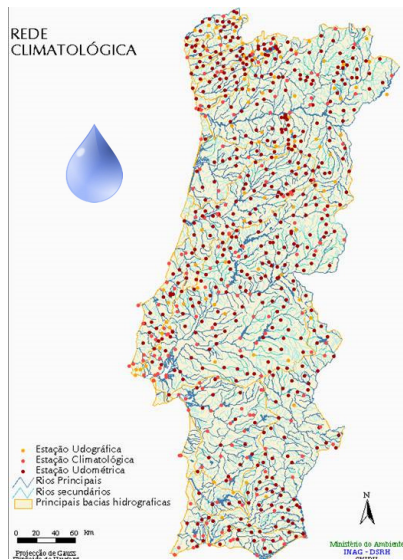


Registos/UDOGRAMA de um udógrafo basculante



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.



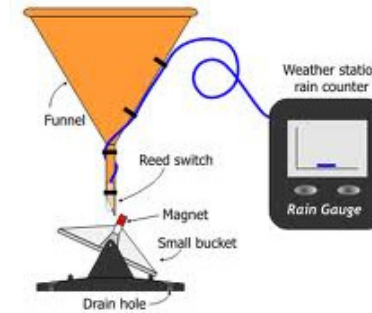


Rede com cerca de 790 postos de medição da precipitação - *postos udométricos* (totalizadores) e *udográficos* (registadores) da responsabilidade do Ex-Instituto da Água (agora APA)



A tendência atual é para proceder à instalação de sistemas automáticos de aquisição, teletransmissão e arquivo de registos. Tais sistemas tendem a tornar-se progressivamente mais importantes pela sua aplicação a modelos hidrológicos em tempo real, com ênfase para estudos de cheias.

Mediante o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), acessível por Internet, a Agência Portuguesa do Ambiente (<http://snirh.apambiente.pt>) disponibiliza ao público em geral a maior parte dos registos de precipitação que recolhe.





Ladoeiro



Ferreira de Capelins

Postos udométricos automáticos



Bouçã dos Homens



Montevil

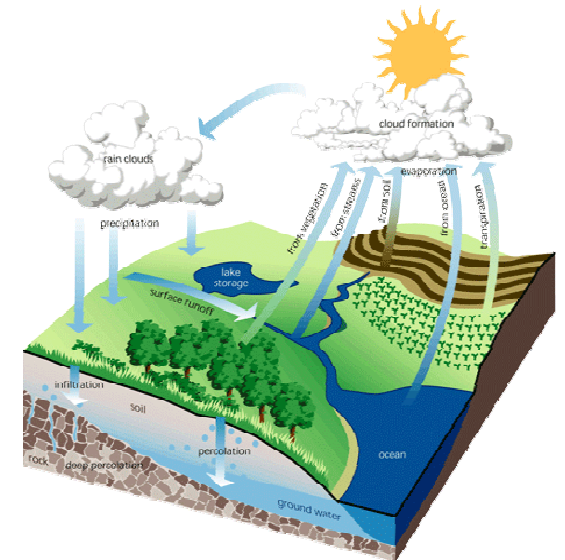


Salir



Pinhel

EXERCÍCIOS

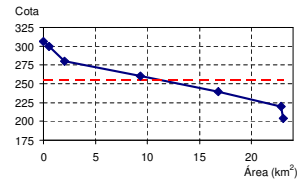


5. Em determinada bacia hidrográfica obtiveram-se os seguintes elementos para análise do relevo,

z (m)	204	220	240	260	280	300	306
A (km ²)	23,05	22,84	16,81	9,32	2,07	0,57	0,00

onde z representa a cota e A, a área de bacia acima dessa cota. Calcule a altura média da bacia hidrográfica.

(R: altura e altitude médias de aprox. 50.6 e 254.6 m).

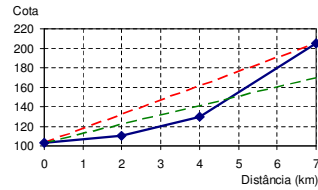


6. A área de determinada bacia hidrográfica é 102 km² e a soma dos desenvolvimentos de todos os seus cursos de água é 300 km, numa dada escala cartográfica. Estime o percurso médio de escoamento sobre o terreno até um curso de água

(R: 85 m)

8. Para o traçado do perfil longitudinal de determinado curso de água determinaram-se os seguintes pontos, de x representa a distância à secção de referência e z, a cota.

x (km)	0	2	4	7
z (m)	103	110	130	205



Determine o declive médio e o declive equivalente do curso de água.

(R: $dm=0.01457=1.457\%=14.57\text{m/km}$; $dequi=0.0096=0.96\%=9.6\text{m/km}$).