

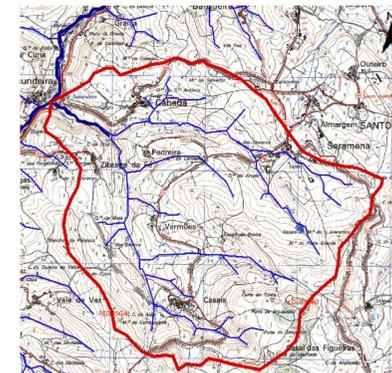
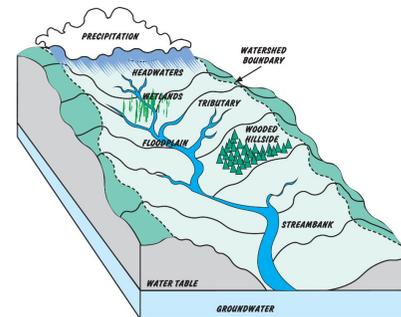
# HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

## Bacia hidrográfica Processos e fatores do escoamento

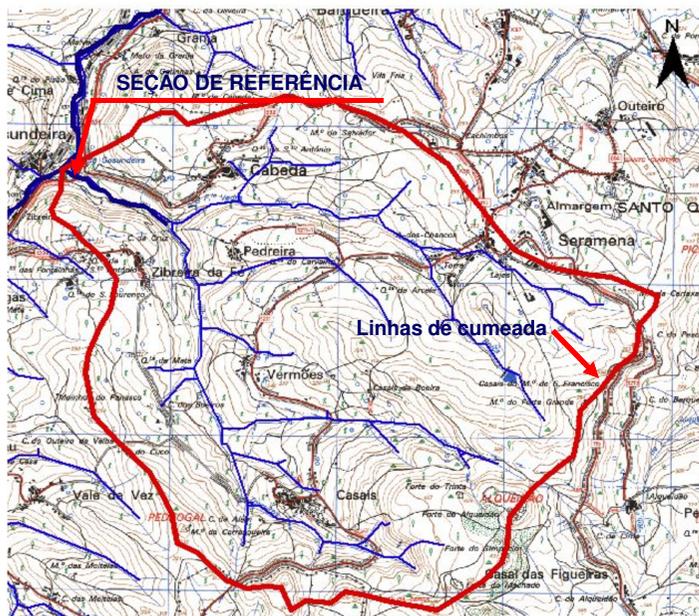


A análise dos problemas/intervenções em recursos hídricos é muito frequentemente efectuada com base numa unidade geográfica designada por **BACIA HIDROGRÁFICA**.

A **BACIA HIDROGRÁFICA** relativa a uma dada secção de um curso de água – **secção de referência da bacia hidrográfica** – representa a área tal que o escoamento originado pela água nela precipitada se encaminha para a secção considerada do curso de água (**CURSO DE ÁGUA + SECÇÃO DE REFERÊNCIA**).

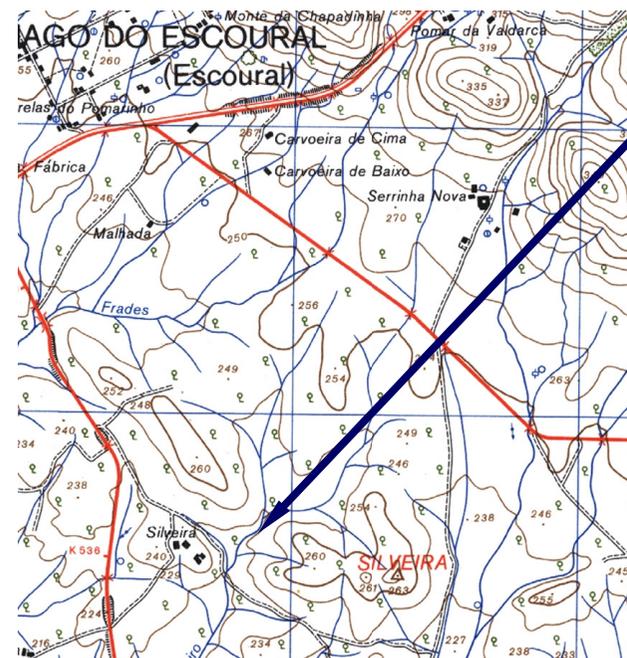


Bacia hidrográfica

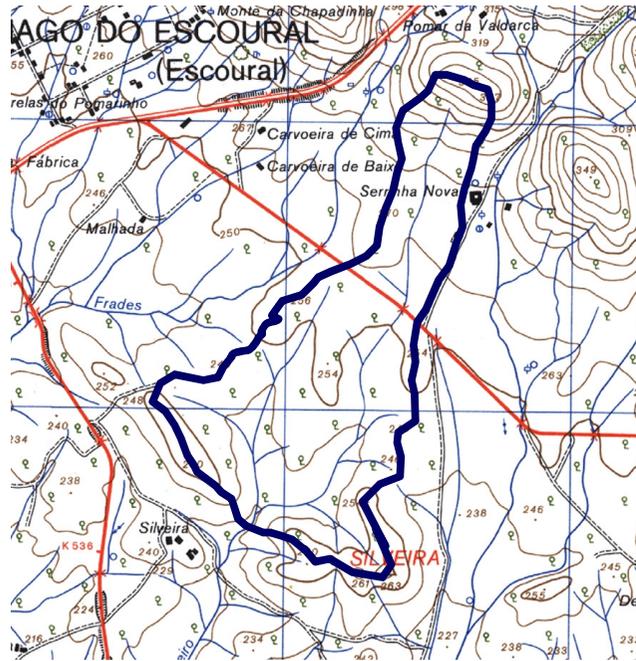


Bacia hidrográfica da ribeira das Salvas em Quinta Grande

Bacia hidrográfica

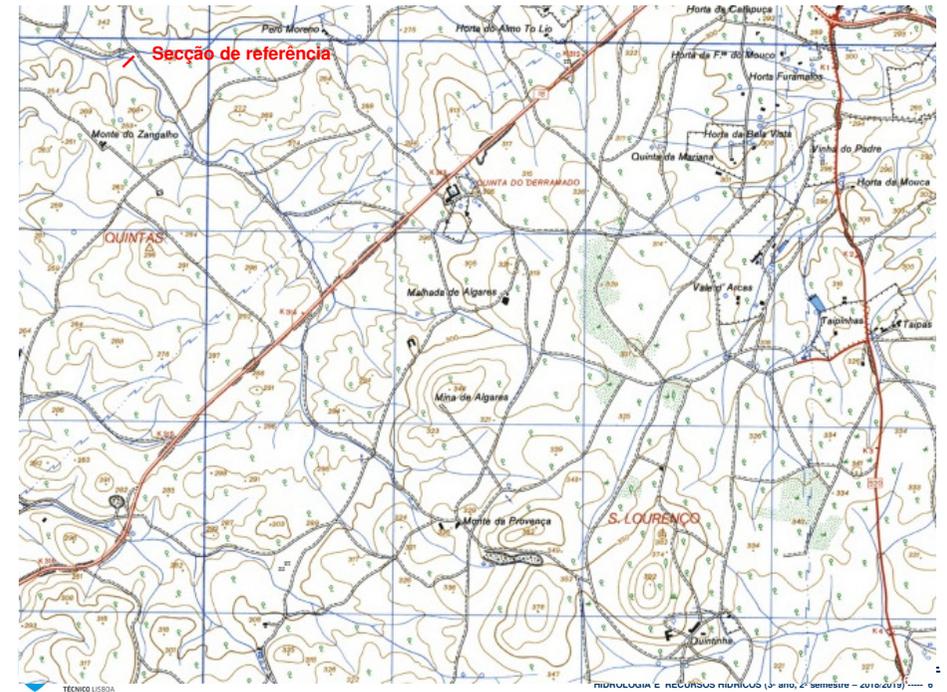


Bacia hidrográfica da ribeira do Pinheiro em Silveira

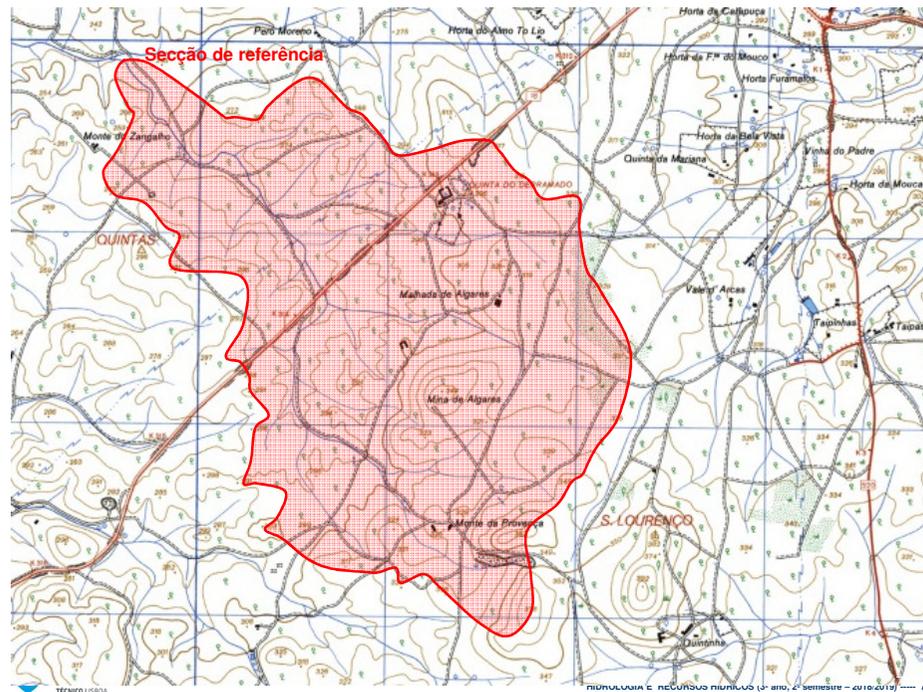


**Bacia hidrográfica da ribeira do Pinheiro em Silveira**

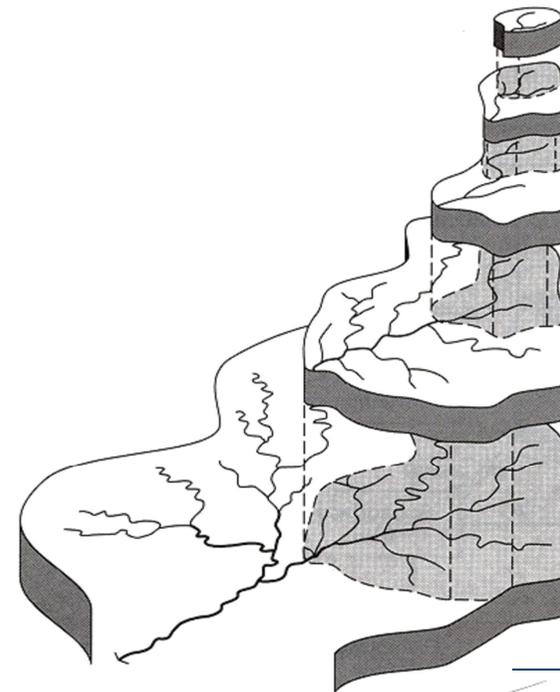
- Visualizar a rede de drenagem (montante, jusante)
- Identificar os vales e as cumeadas (concavidades das curvas de nível)
- Identificar as linhas de maior declive



**Secção de referência**



**Secção de referência**

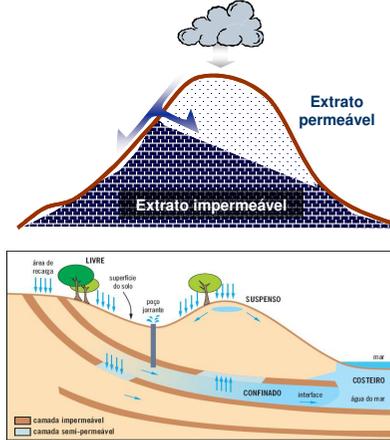
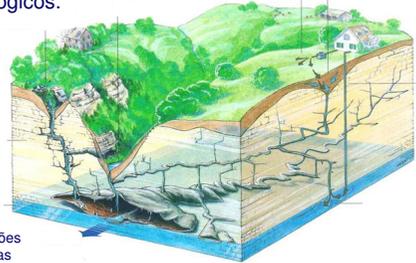


**Bacias hidrográficas de um mesmo curso de água mas em diferentes seções**

Do ponto de vista estritamente **topográfico**, a bacia hidrográfica é limitada por uma poligonal fechada constituída por sucessivos trechos de linhas de cumeada que separam a bacia hidrográfica das bacias que lhe são contíguas.



De modo geral, assume-se que, numa dada secção da rede hidrográfica, **SÃO COINCIDENTES AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DEFINIDA TOPOGRAFICAMENTE**, 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.

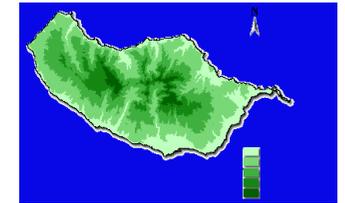


Em **PORTUGAL CONTINENTAL** é muito frequentemente possível equacionar o balanço de água em bacias hidrográficas apenas com base nas manifestações à superfície do terreno dos processos aí ocorrentes.

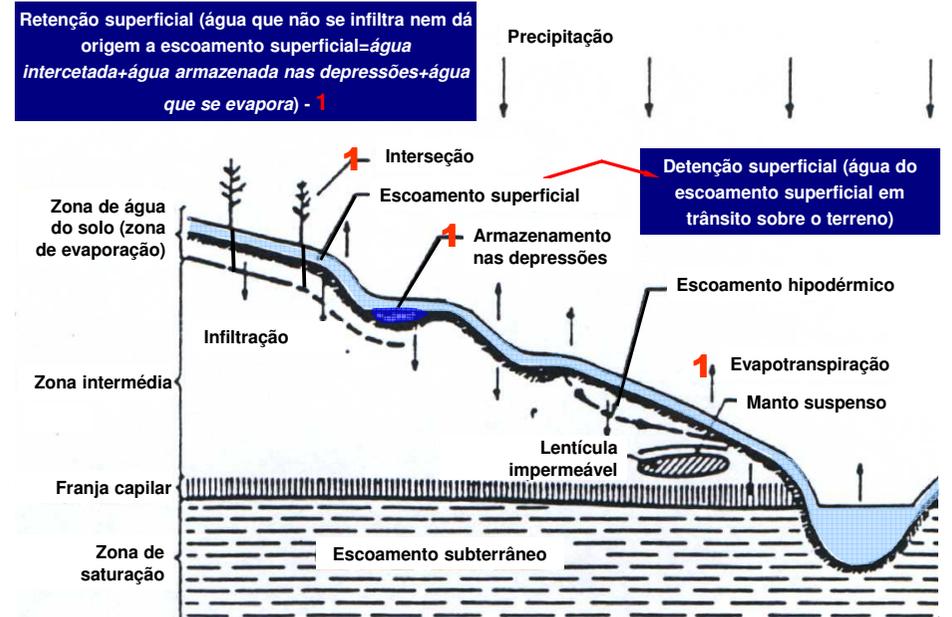
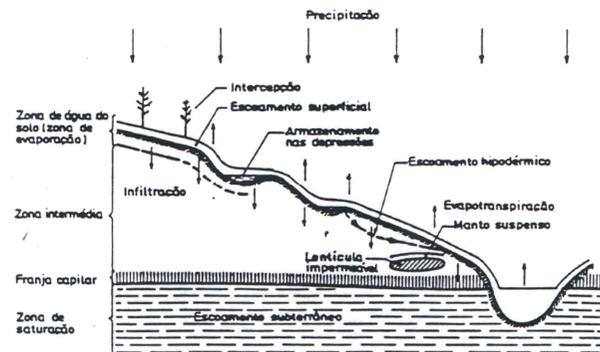
Excetuam-se, em especial, as **BACIAS HIDROGRÁFICAS ALGARVIAS** E AS LOCALIZADAS NO **MACIÇO ESTREMENHO** EM QUE A CIRCULAÇÃO SUBTERRÂNEA PODE SER SIGNIFICATIVA e, muito pertinentemente, a Ilha da Madeira em que aquela circulação tem um papel fundamental na “distribuição” e ocorrência do recurso.



Aquíferos	
50 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )	100 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )
200 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )	250 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )
300 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )	400 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )
500 m <sup>3</sup> /(dia. Km <sup>2</sup> )	



Tendo por base a unidade morfológica constituída pela bacia hidrográfica, descreve-se o **PROCESSO DE FORMAÇÃO DO ESCOAMENTO** produzido por uma **precipitação líquida, com intensidade constante e com início após um longo período de tempo sem precipitação.**

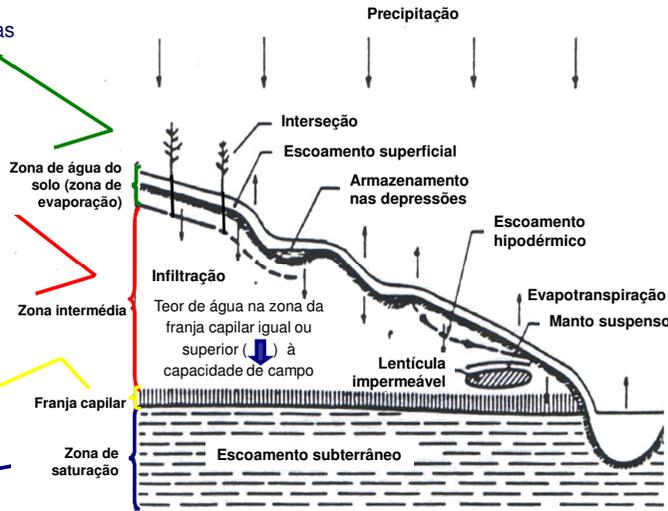


Desde a superfície até à profundidade atingida pelas raízes em que ocorre evapotranspiração

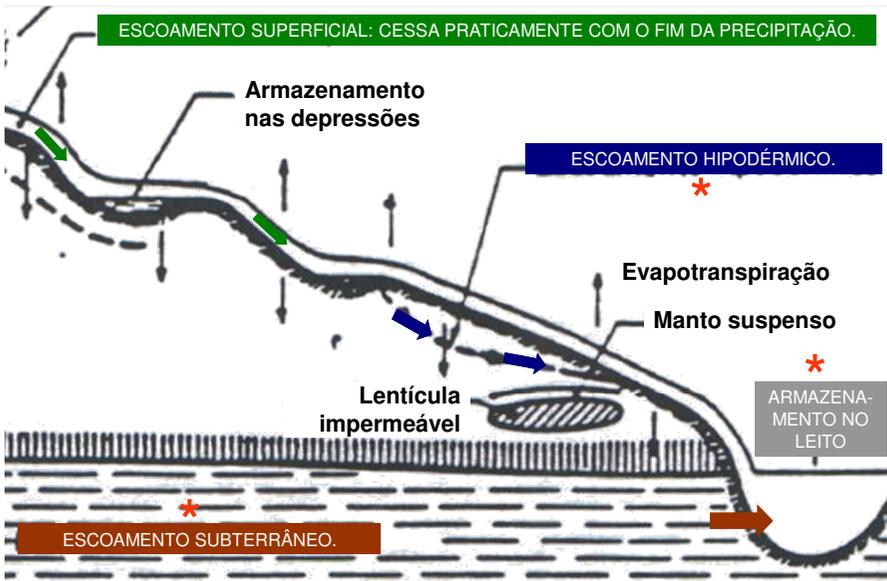
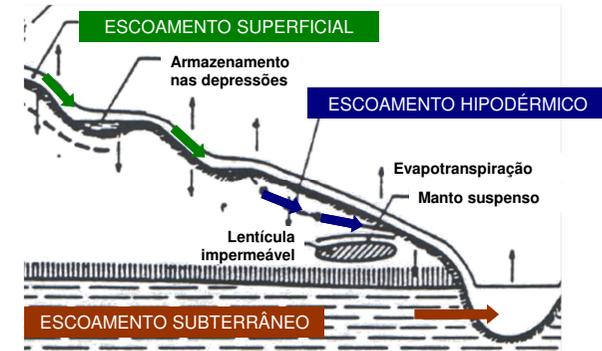
Quantidade máxima de água retida igual à capacidade de retenção por forças de atração molecular – capacidade de campo.

Água mantida por forças capilares, apresentando os vazios completamente preenchidos por água

Vazios completamente preenchidos por água à pressão hidrostática

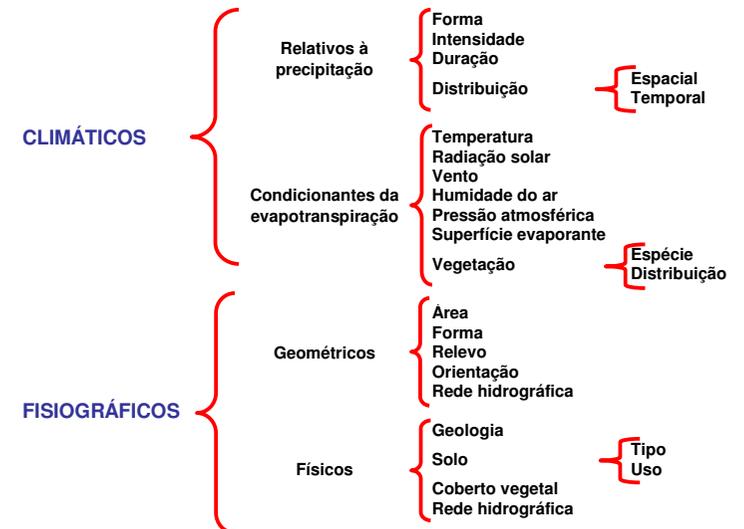


- ✓ Origem do escoamento que atravessa uma secção de um curso de água:
- ✓ **ESCOAMENTO SUPERFICIAL** ou **À SUPERFÍCIE DO TERRENO** que atinge a rede hidrográfica caminhando sobre a superfície; inclui a parcela da precipitação que incide diretamente na rede.
- ✓ **ESCOAMENTO SUBSUPERFICIAL** ou **HIPODÉRMICO** que provém da água infiltrada que volta a aparecer à superfície sem ter atingido a zona de saturação.
- ✓ **ESCOAMENTO SUBTERRÂNEO** que provém da água infiltrada que atingiu a zona de saturação.



\* Responsável pelo escoamento na rede hidrográfica em períodos sem precipitação

(Fatores que, de algum modo, influenciam o escoamento: valor, repartição, ocorrência, ... )



**EXEMPLO: INFLUÊNCIA DA FLORESTA**

FAVORECE a infiltração; a detenção superficial; as perdas de precipitação por interceção; o armazenamento de água no solo por conduzir frequentemente a zonas de evaporação mais espessas.

ATENUA OS CAUDAIS MÁXIMOS DE CHEIA e, havendo condições geológicas propícias, favorece o armazenamento nas reservas subterrâneas.

Papel fundamental em termos da ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS EM ZONAS DECLIVOSAS.

Medidas propostas por D. Manuel I na sequência da ocorrência de cheias em 1513:

- ↪ Proibição de abertura de caminhos nas encostas.
- ↪ Obrigação da preservação do solo das encostas através da plantação de árvores e outra vegetação.
- ↪ Proibição da desarborização das encostas e de atear fogos nas matas, por conduzir ao arrastamento do solo, assoreamento dos rios, originando inundações dos campos agrícolas.
- ↪ Nomeação dos primeiros guarda-florestais e guarda-rios.

**EXEMPLO: INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO**



Pergunta:

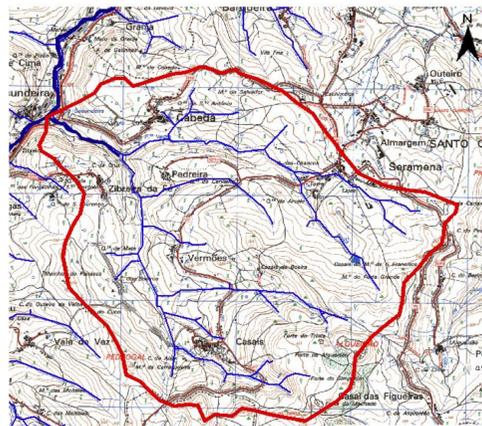
Indique, justificando, o principal factor que determinou que, numa dada bacia hidrográfica não intervencionada pelo Homem, em dois anos distintos com sensivelmente a mesma precipitação anual e com temperaturas médias próximas mês a mês, tivessem sido significativamente diferentes os escoamentos anuais.

**CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS OU MORFOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO**

↪ **FORMA**: com influência sobretudo na gênese ou formação de cheias

Índice de compacidade de Gravelius

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

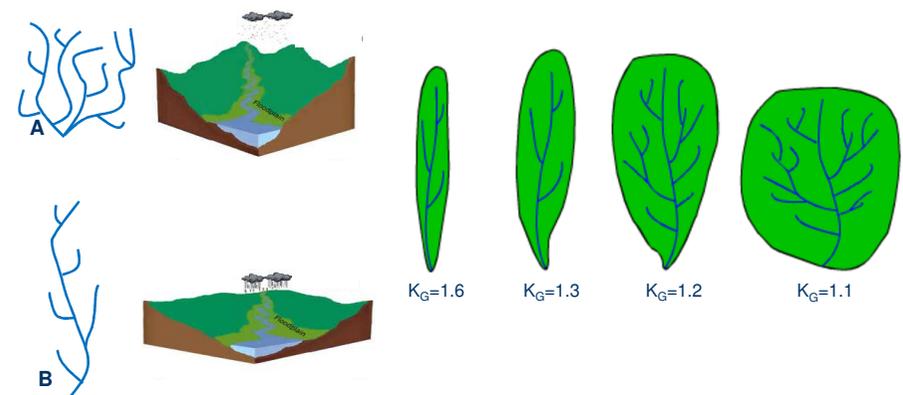


Relação entre o **perímetro adoçado** da bacia hidrográfica e o perímetro de uma hipotética bacia com igual área, mas com forma circular

(... perímetro adoçado porquê?)

↪ **FORMA** (com influência sobretudo na gênese ou formação de cheias): Índice de compacidade de Gravelius

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

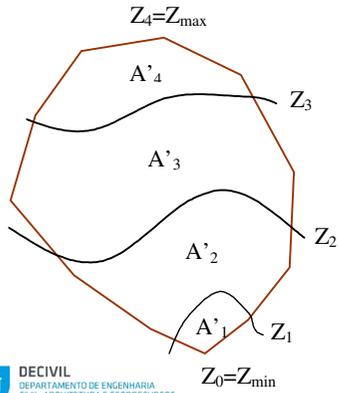


**Para áreas aproximadamente iguais e para precipitações geradoras de cheias com características afins, onde se esperam maiores cheias: A ou B?**

**CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS OU MORFOLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO**

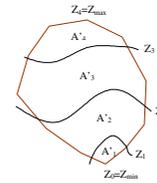
RELEVO: com influência acentuada no movimento da água

Curva hipsométrica (... para cada cota a área da bacia hidrográfica – em valor absoluto ou em percentagem da área total – localizada acima dessa cota)



Cota (m)	Área acima da cota (km <sup>2</sup> )
Z <sub>4</sub>	A <sub>4</sub> =0
Z <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> =A <sub>4</sub> +A' <sub>4</sub>
Z <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> =A <sub>3</sub> +A' <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> =A <sub>2</sub> +A' <sub>2</sub>
Z <sub>0</sub>	A <sub>0</sub> =A <sub>1</sub> +A' <sub>1</sub>

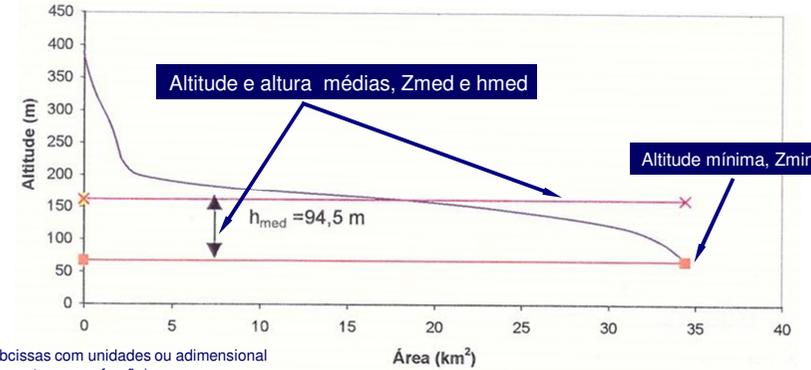
Curva hipsométrica (... para cada cota a área da bacia hidrográfica – em valor absoluto ou em percentagem da área total – localizada acima dessa cota)



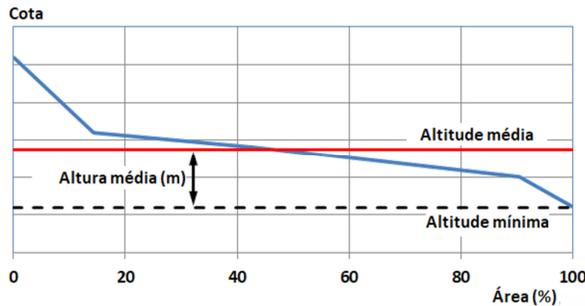
Cota (m)	Área acima da cota (km <sup>2</sup> )
Z <sub>4</sub>	A <sub>4</sub> =0
Z <sub>3</sub>	A <sub>3</sub> =A <sub>4</sub> +A' <sub>4</sub>
Z <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> =A <sub>3</sub> +A' <sub>3</sub>
Z <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> =A <sub>2</sub> +A' <sub>2</sub>
Z <sub>0</sub>	A <sub>0</sub> =A <sub>1</sub> +A' <sub>1</sub>

$$Z_{med} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{2} (z_i + z_{i+1}) A'_{i+1}$$

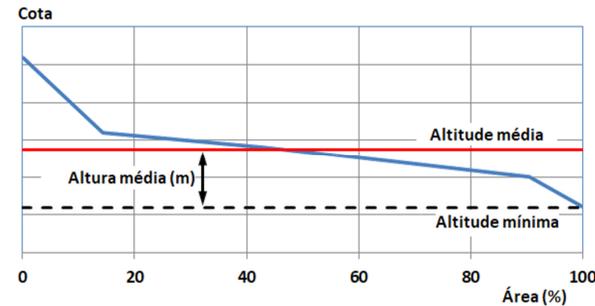
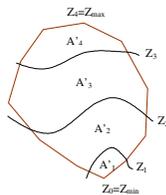
$$h_{med} = Z_{med} - Z_{min}$$



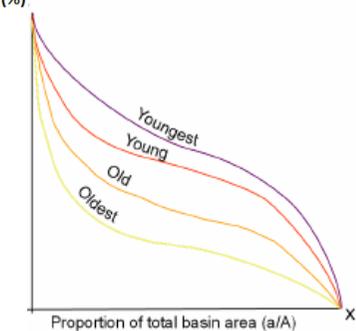
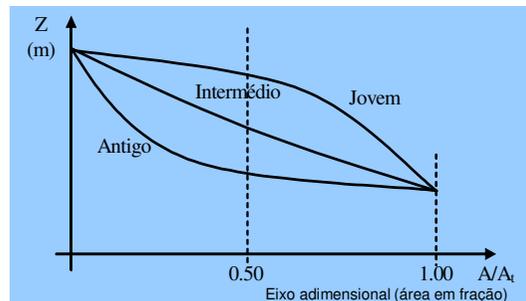
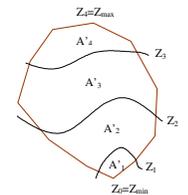
Eixos das abscissas com unidades ou adimensional (área em percentagem ou fração)



CURVA HIPSOMÉTRICA



CURVA HIPSOMÉTRICA

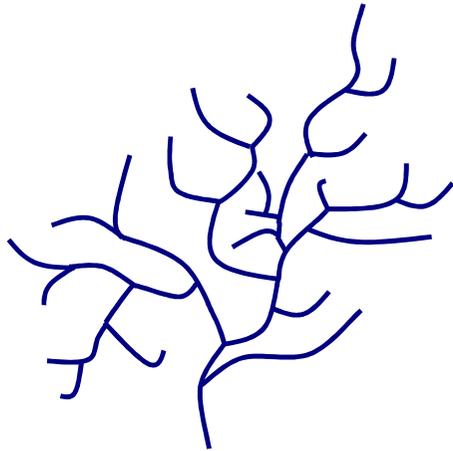


**POR SIMPLIFICAÇÃO, APENAS ALGUMAS CURVAS DE NÍVEL**

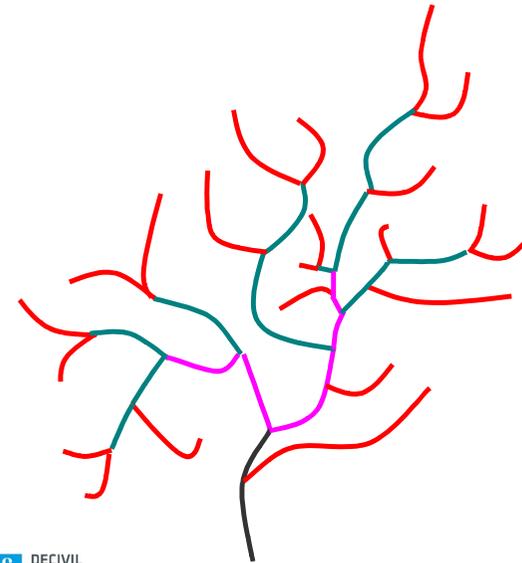
Como muito frequentemente a curva hipsométrica apresenta os trechos inicial (cotas mais altas) e final (cotas mais baixas) mais inclinados e um trecho intermédio mais suave (cotas intermédias), adensar mais as curvas de nível nos extremos de modo a melhor descrever a progressão de área com a cota ↔ curvas de nível não equidistantes!

CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO

↳ REDE DE DRENAGEM: “facilidade” com que a água atinge a secção de referência



↳ REDE DE DRENAGEM: hierarquização da rede de drenagem



**Classificação de Strahler**

- ✓ Cursos de água sem tributários são de 1ª ordem.
- ✓ Quando confluem dois cursos de água da mesma ordem, a ordem sobe 1. Caso contrário, prevalece a maior ordem.

- 1ª ordem
- 2ª ordem
- 3ª ordem
- 4ª ordem

↳ REDE DE DRENAGEM: hierarquização da rede de drenagem

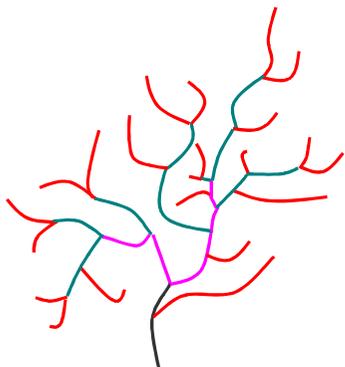
**Classificação de Strahler**  
(executada de montante para jusante)

Ordem	Número de cursos de água
1	22
2	7
3	2
4	1

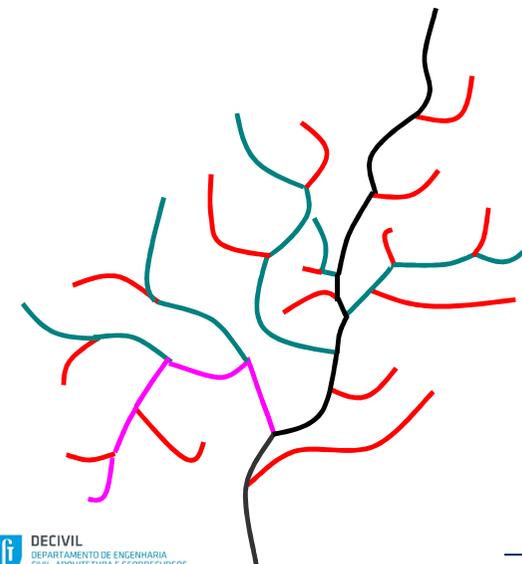
Razão de bifurcação média:

$$\overline{R_b} = n - 1 \sqrt{N_1}$$

n – Máximo número de ordem de Strahler  
N<sub>1</sub> – Número de cursos de água de ordem 1



↳ REDE DE DRENAGEM: hierarquização da rede de drenagem

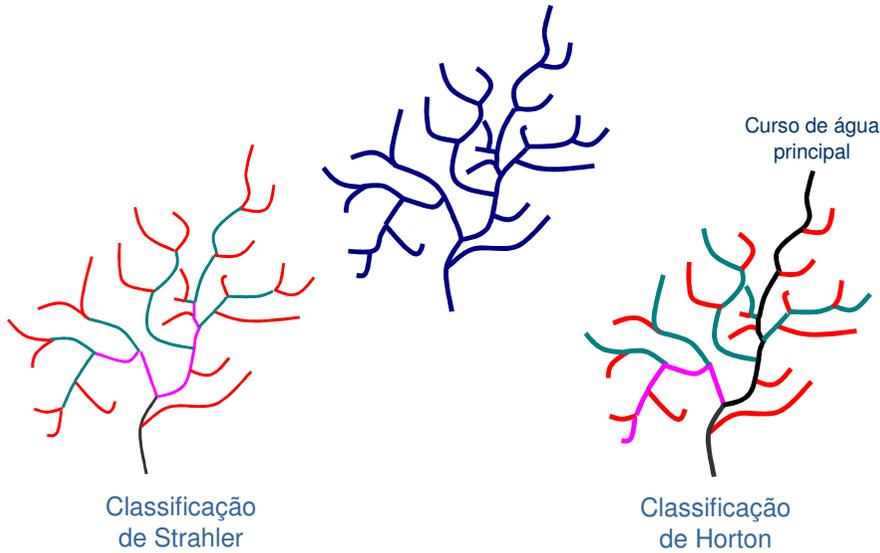


**Classificação de Horton**  
(executada de jusante para montante)

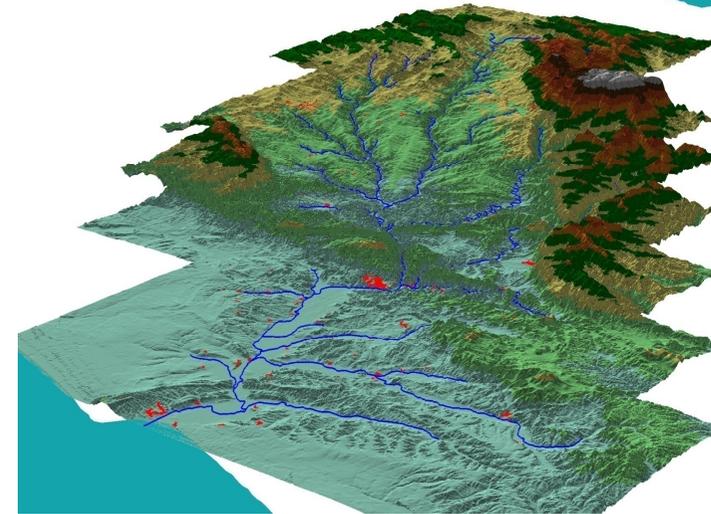
- ✓ Requer que previamente seja executada a classificação de Strahler
- ✓ A ordem de um curso de água mantém-se desde a confluência à secção extrema de montante.
- ✓ Prioridade em confluências para manter a ordem:
  - Maior área
  - Maior comprimento
  - Menor ângulo

- 1ª ordem
- 2ª ordem
- 3ª ordem
- 4ª ordem

REDE DE DRENAGEM: hierarquização da rede de drenagem



Caraterização do relevo e da rede de drenagem com base em informação espacialmente distribuída, por recurso a um sistema de informação geográfica, SIG



CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO

REDE DE DRENAGEM: índices

Densidade de drenagem ( $1 \text{ km/km}^2 < D_d < <100 \text{ km/km}^2 \dots$  efeito da escala do mapa ...)

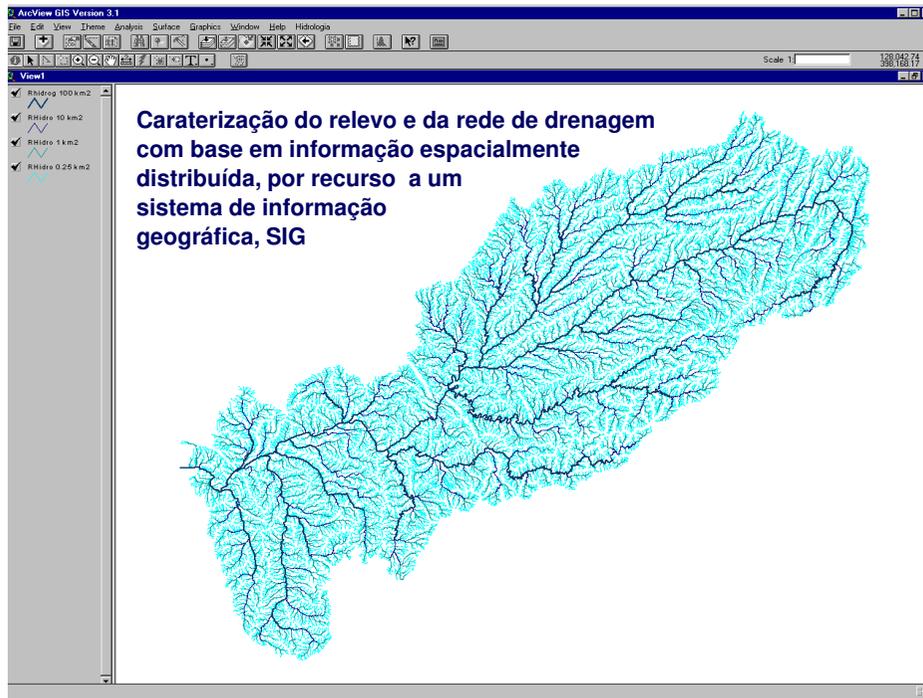
$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Percurso médio sobre o terreno desde o limite da bacia até a um curso de água  $\longleftrightarrow$  comprimento médio da encosta (km)

$$\bar{P}_L = \frac{1}{2} \frac{1}{D_d}$$

Percurso médio sobre o terreno até a um curso de água (km)

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \bar{P}_L = \frac{1}{4} \frac{1}{D_d}$$



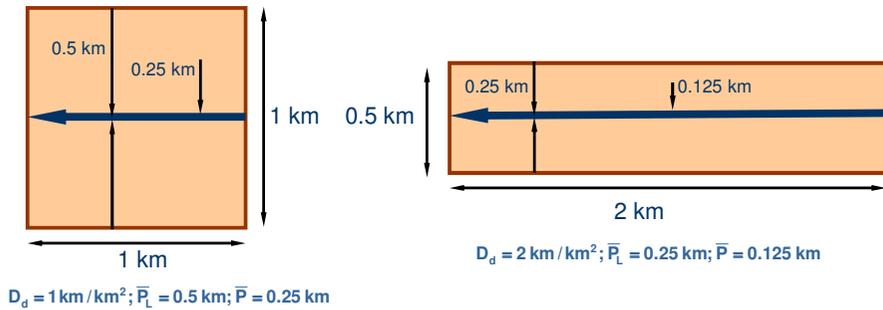
Caraterização do relevo e da rede de drenagem com base em informação espacialmente distribuída, por recurso a um sistema de informação geográfica, SIG

**CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO: REDE DE DRENAGEM**

**CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO: REDE DE DRENAGEM**

- ↗ Densidade de drenagem  $D_d = \frac{\sum L_i}{A}$
- ↗ Percurso médio sobre o terreno desde o limite da bacia até a um curso de água  $\bar{P}_L = \frac{1}{2} \frac{1}{D_d}$  comprimento médio da encosta (km)
- ↗ Percurso médio sobre o terreno até a um curso de água  $\bar{P} = \frac{1}{2} \bar{P}_L = \frac{1}{4} \frac{1}{D_d}$

- ↗ Densidade de drenagem  $D_d = \frac{\sum L_i}{A}$
- ↗ Percurso médio sobre o terreno desde o limite da bacia até a um curso de água  $\bar{P}_L = \frac{1}{2} \frac{1}{D_d}$  comprimento médio da encosta (km)
- ↗ Percurso médio sobre o terreno até a um curso de água  $\bar{P} = \frac{1}{2} \bar{P}_L = \frac{1}{4} \frac{1}{D_d}$

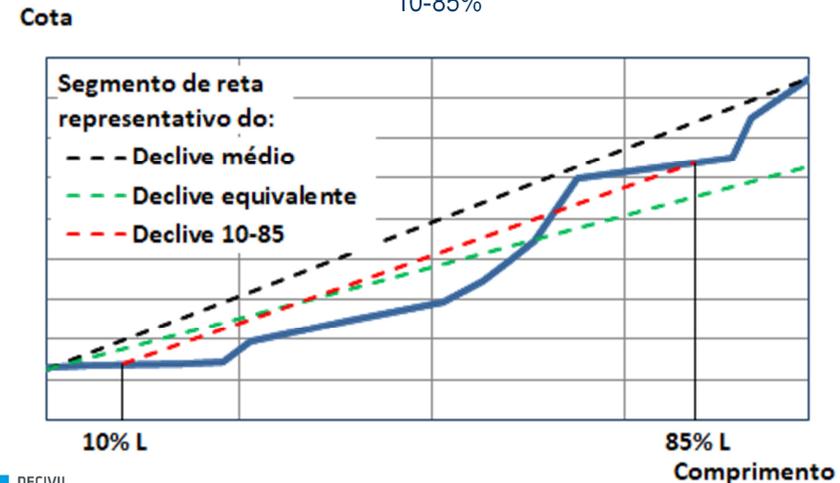
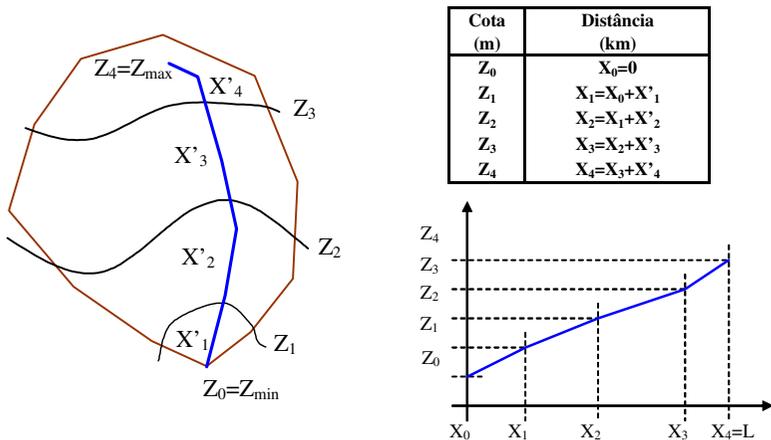


**CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO**

**CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO**

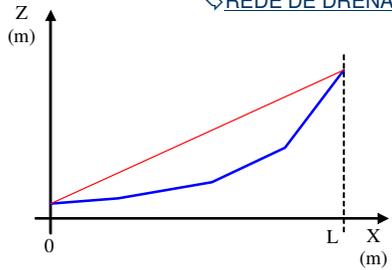
↗ **REDE DE DRENAGEM:** perfil longitudinal de um curso de água

↗ **REDE DE DRENAGEM:** declives característicos – médio, equivalente e 10-85%



**CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO**

↳ REDE DE DRENAGEM: declives característicos



Declive médio

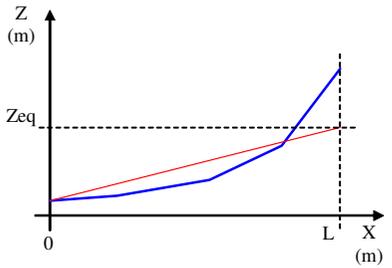
$$i_{med} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{L}$$

Declive equivalente

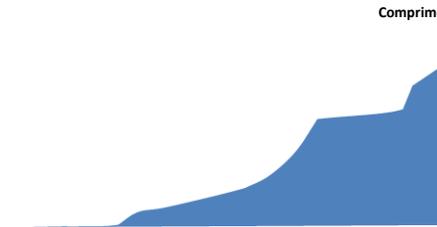
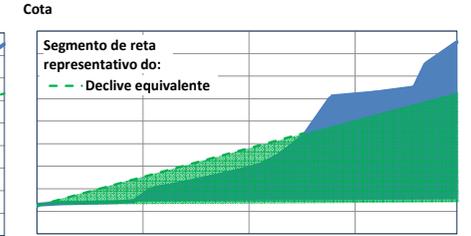
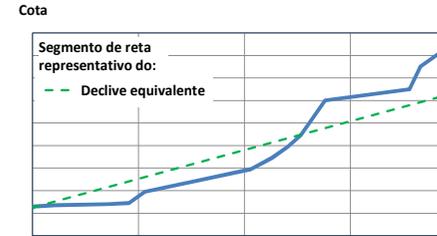
$$\frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (Z_i + Z_{i+1}) X'_{i+1} = \frac{1}{2} (Z_{eq} + Z_{min}) L$$

$$Z_{eq} = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{n-1} (Z_i + Z_{i+1}) X'_{i+1} - Z_{min}$$

$$i_{eq} = \frac{Z_{eq} - Z_{min}}{L}$$

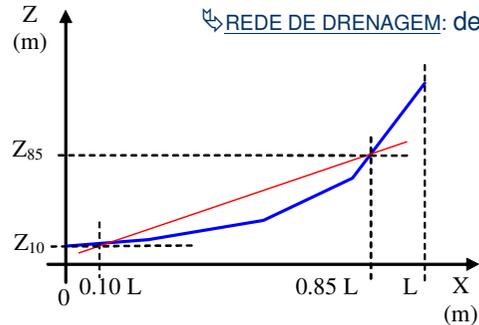


Declive equivalente



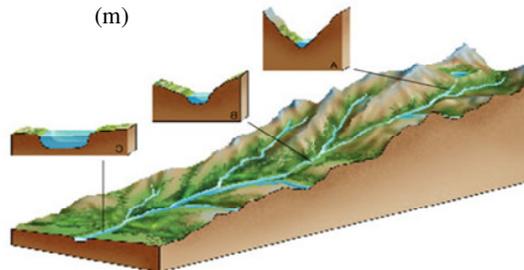
**CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DRENAGEM COM INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ESCOAMENTO**

↳ REDE DE DRENAGEM: declives característicos

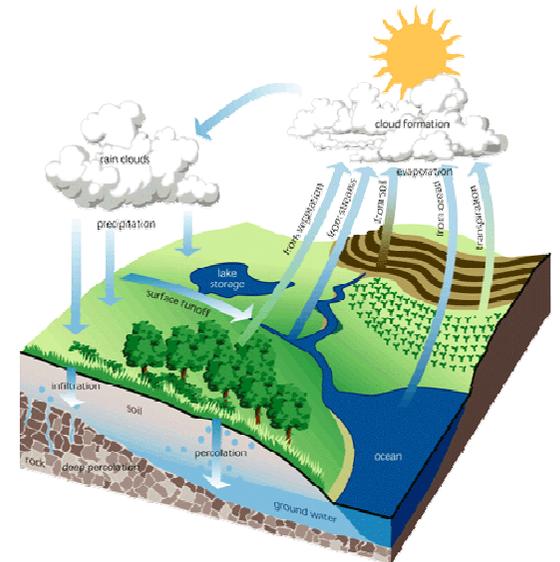


Declive 10:85

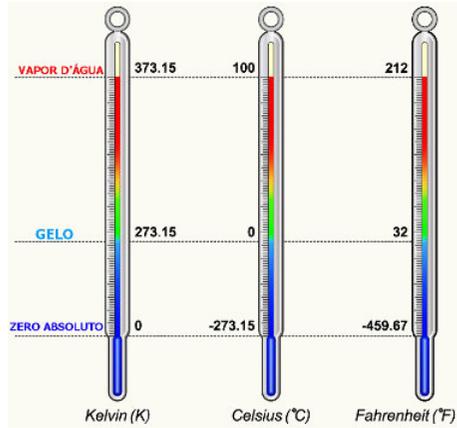
$$i_{10;85} = \frac{Z_{85} - Z_{10}}{0.75 L}$$



**EXERCÍCIO 2**



2. O volume de água existente nos oceanos, que ocupam uma área superficial de 70% da superfície do globo terrestre, estima-se em cerca de  $1338 \times 10^6 \text{ km}^3$ . Sabendo que o coeficiente de dilatação térmica da água é cerca de  $0,00015 \text{ K}^{-1}$  e desprezando outros efeitos estime o aumento da profundidade média dos oceanos quando a sua temperatura se eleva uniformemente de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Considere que o raio médio da Terra é  $6370 \text{ km}$ .



(R:  $V_{\text{esfera}} = 4/3 \pi r^3$ ;  $A_{\text{esfera}} = 4 \pi r^2$ . área da esfera;  
Aumento da profundidade média:  $0,56 \text{ m}/^\circ\text{C}$ ).