



Escola Politécnica

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental



Universidade de São Paulo

PHA3307
HIDROLOGIA APLICADA

Bacias Hidrográficas

Aula 3

Prof. Dr. Arisvaldo Vieira Mélo Júnior
Prof. Dr. Joaquin I. Bonnacarrere Garcia
Doutorando João Rafael B. Tercini
Doutorando William Dantas Vichete

LabSid

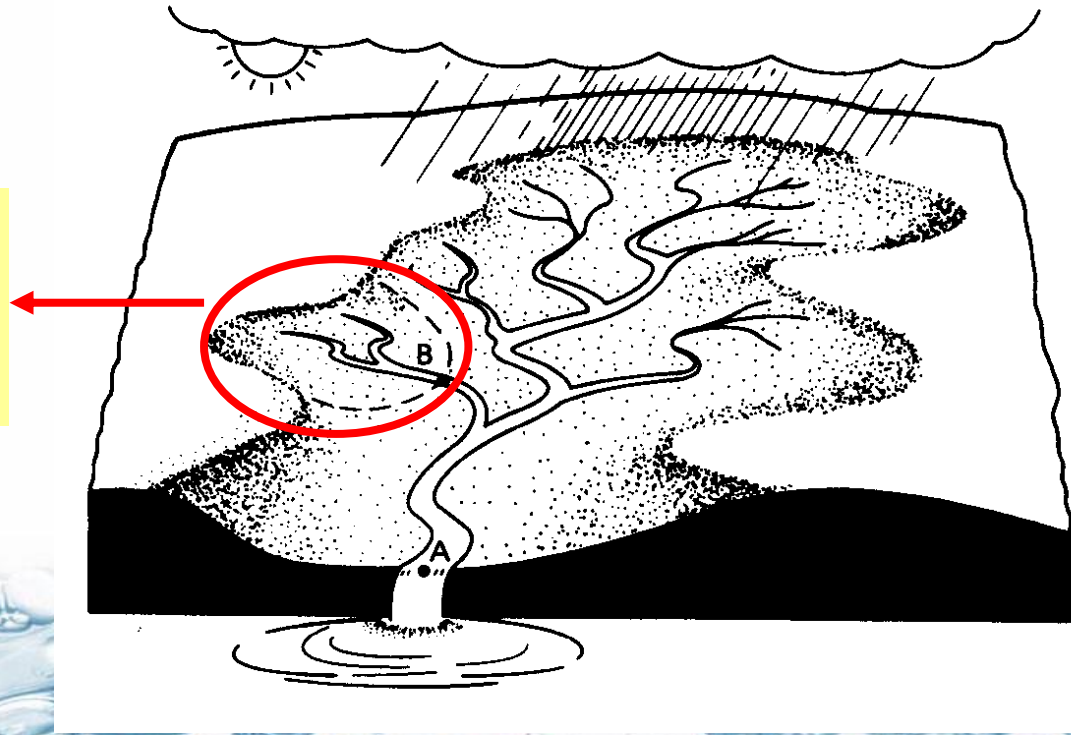
Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões
Recursos Hídricos e Meio Ambiente

- Conhecer o conceito de bacia hidrográfica
- Aprender a traçar o divisor topográfico de uma bacia hidrográfica
- Aprender a traçar o perfil longitudinal de um rio.
- Conhecer as características fisiográficas de uma bacia e seu relacionamento com as vazões da bacia.



Uma bacia hidrográfica é uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão (Dunne e Leopold, 1978).

... dentro de uma bacia hidrográfica, podem existir muitas sub-bacias.



■ Importância

- ❑ Base para o conhecimento dos processos envolvidos na transformação da chuva em vazão
- ❑ Comparação entre bacias hidrográficas
- ❑ Transferência de dados entre bacias vizinhas
- ❑ Projeção do comportamento futuro da bacia
- ❑ Regionalização de variáveis (formulações empíricas)

■ Algumas Características Físicas

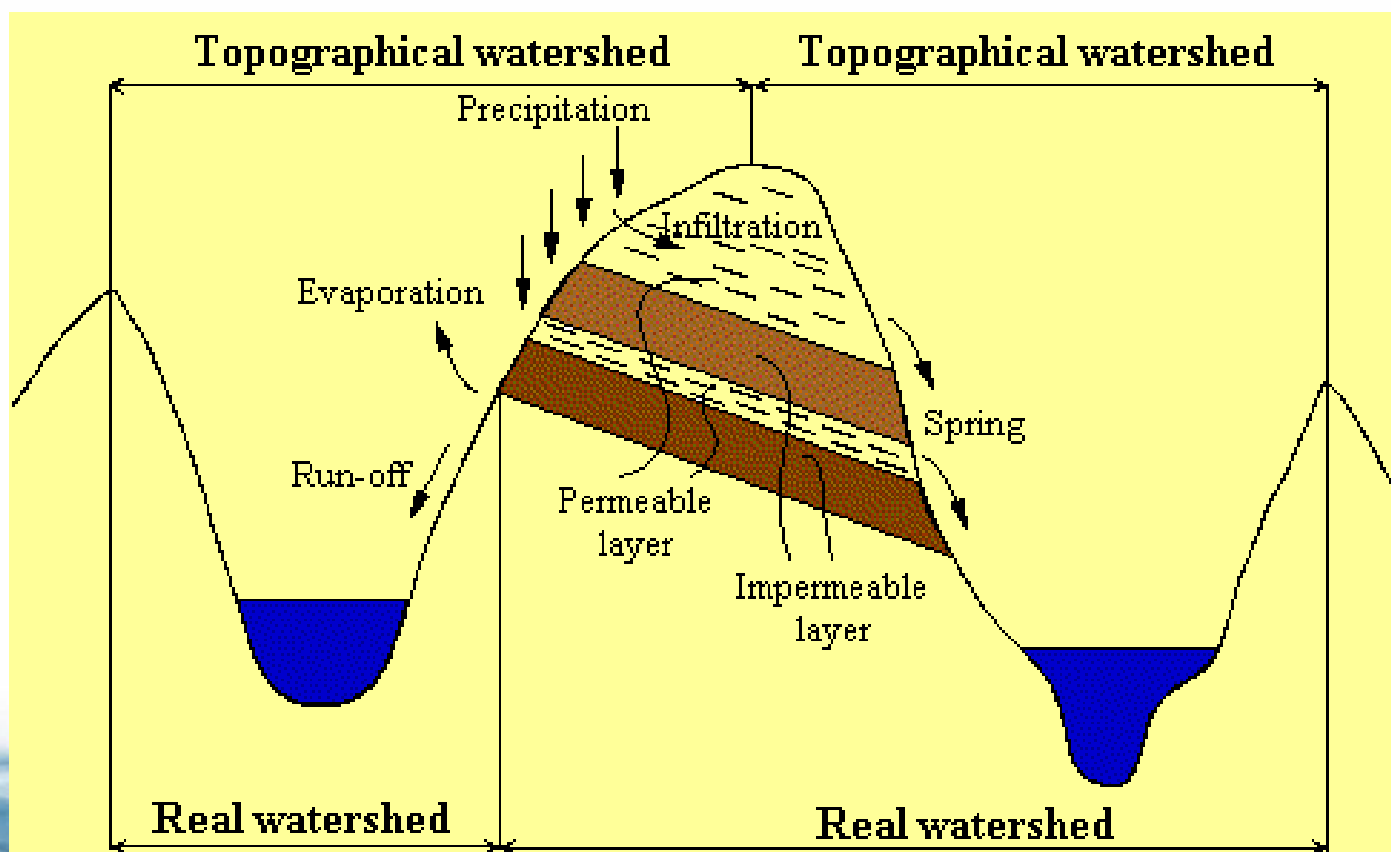
- ❑ Área da Bacia
- ❑ Forma da Bacia
- ❑ Uso e tipo de solo
- ❑ Declividade dos terrenos
- ❑ Declividade dos cursos d'água
- ❑ Ordem dos cursos d'água
- ❑ Densidade de drenagem

■ Informações de topografia

- Identificar para onde escoa a água sobre o relevo usando como base as curvas de nível
 - A água escoar na direção da maior declividade, o escoamento é ortogonal às curvas de nível
- Diferenciar as áreas que contribuem para um ponto no curso d'água (seção transversal de referência ou exutório) → divisor (cumeada, espigão, crista)
 - O divisor não corta a drenagem exceto no exutório e passa pelas regiões mais elevadas da bacia, mas podem existir pontos internos mais altos



Divisor Topográfico
(Superficial)



Divisor Geológico
Freático ou Subterrâneo

Possibilidade de escoamento
subterrâneo com origem em
bacias vizinhas

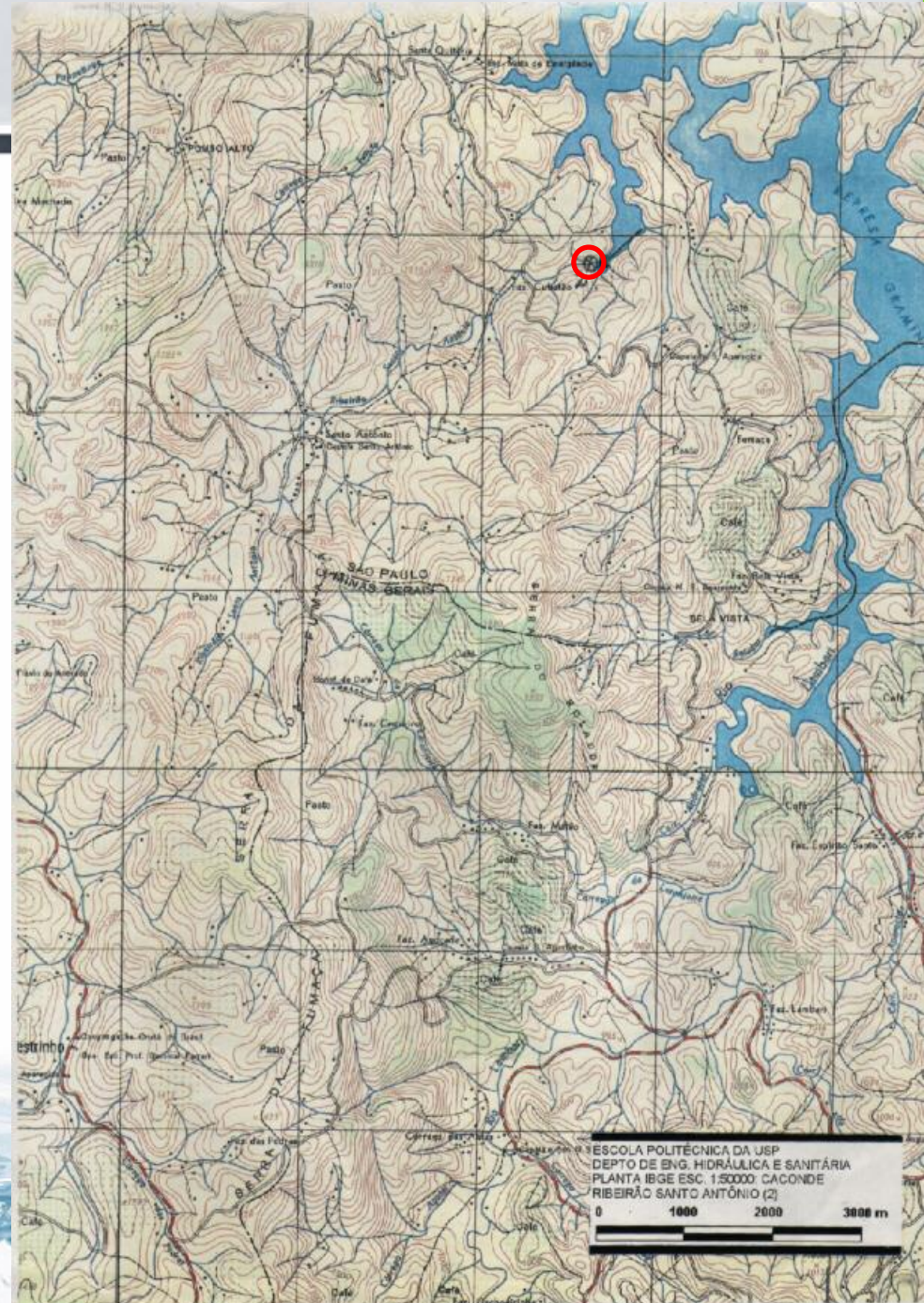
Pequenas Bacias ou Lençol
Freático Alto

Erros

Identificação da hidrografia

Como fazer...

- Procedimento manual
 - Mapa existente com escala adequada
 - Planta do IBGE escala 1:50.000
- Digitalização a partir de mapa existente
- Delimitação a partir de um DEM



Delimitação da bacia

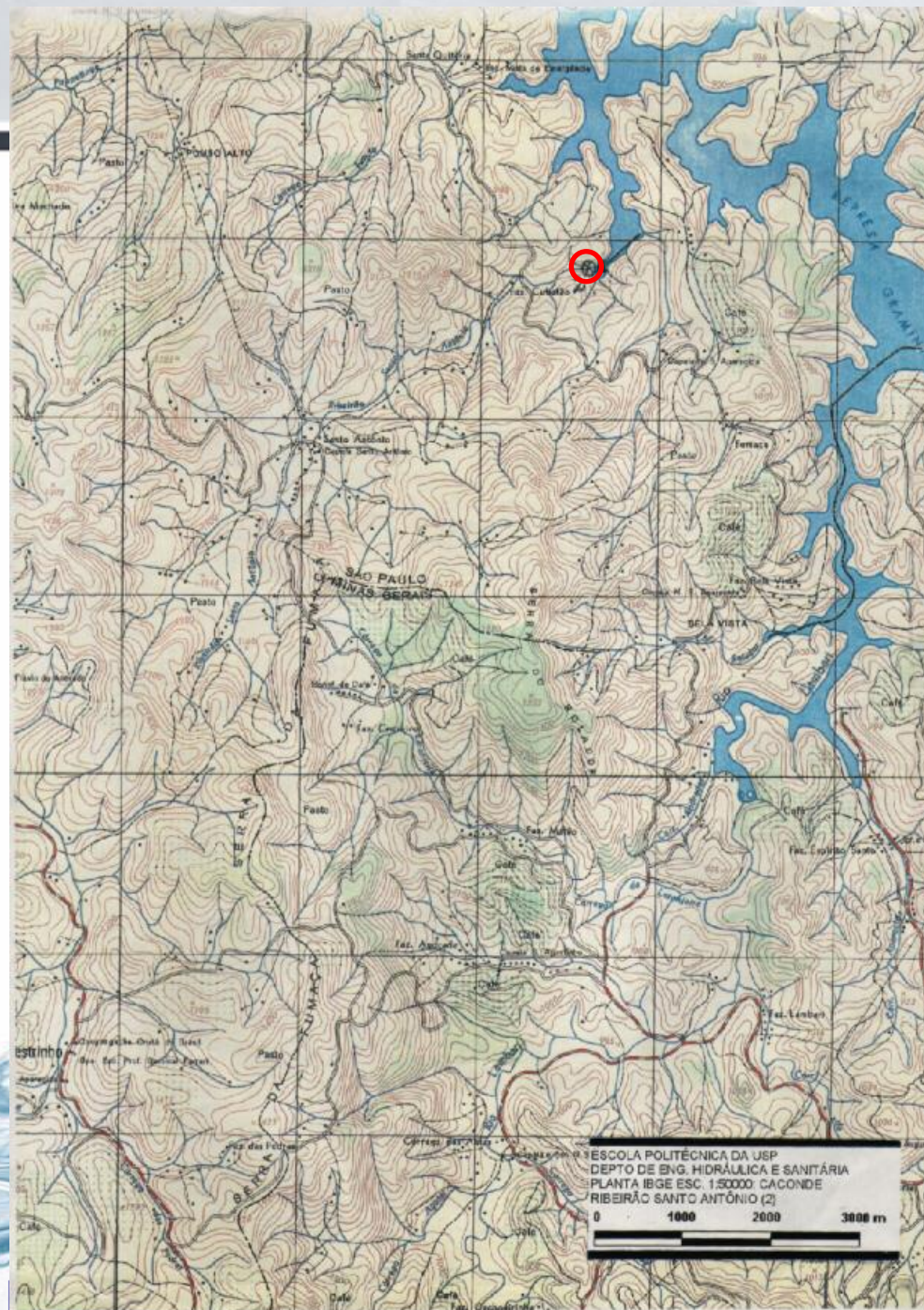
como fazer...

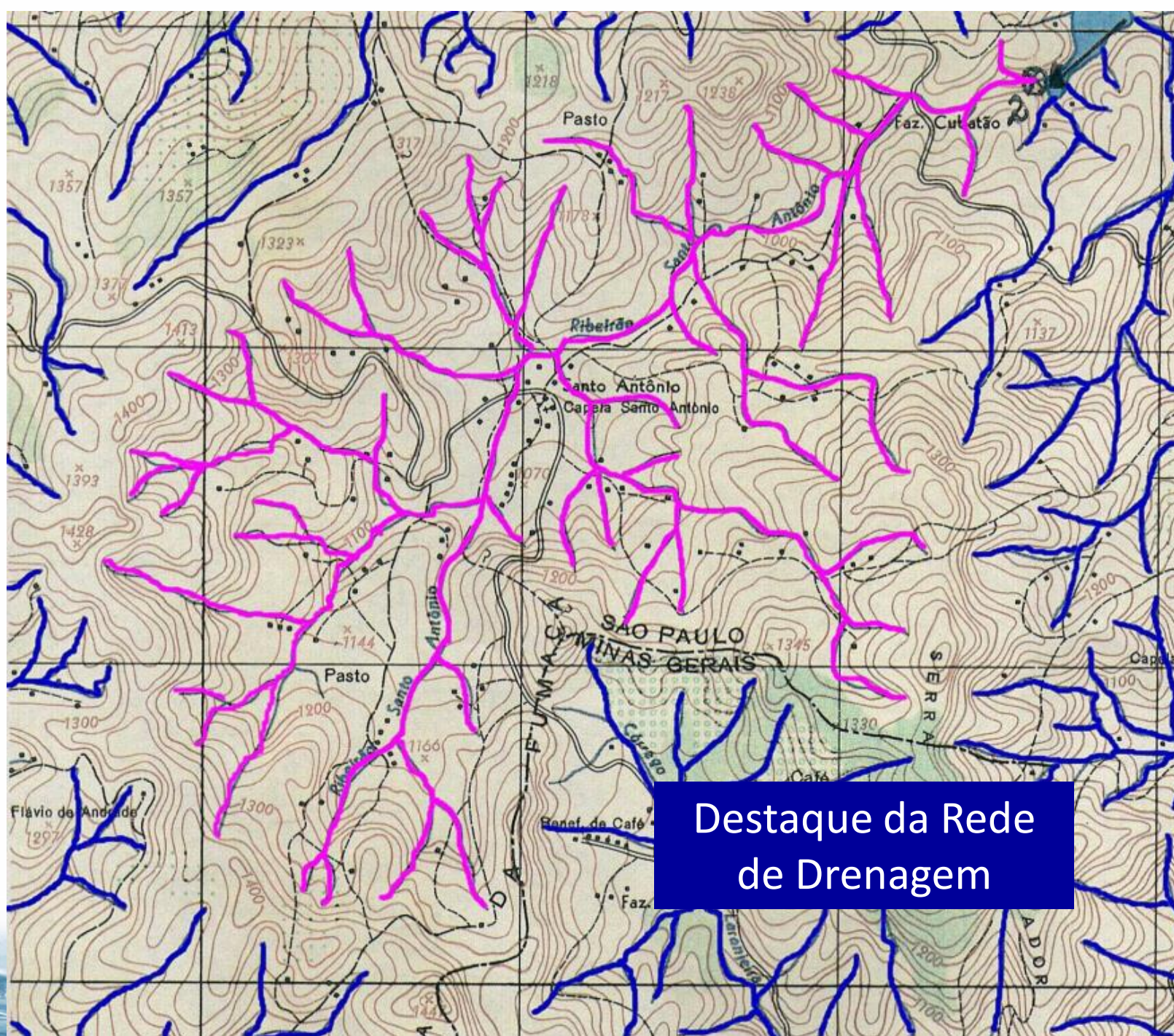


Planta do IBGE

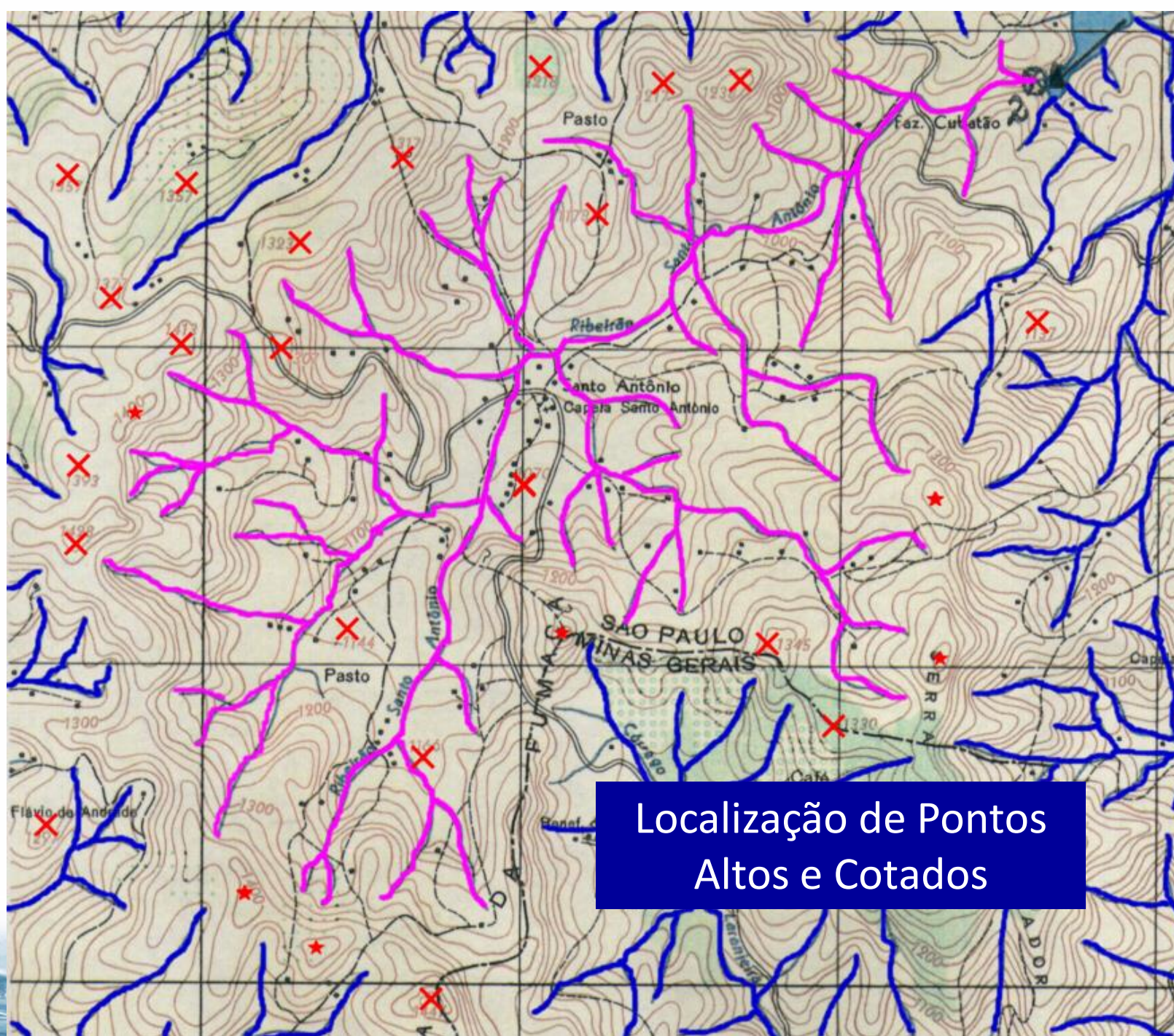
Escala 1: 50.000

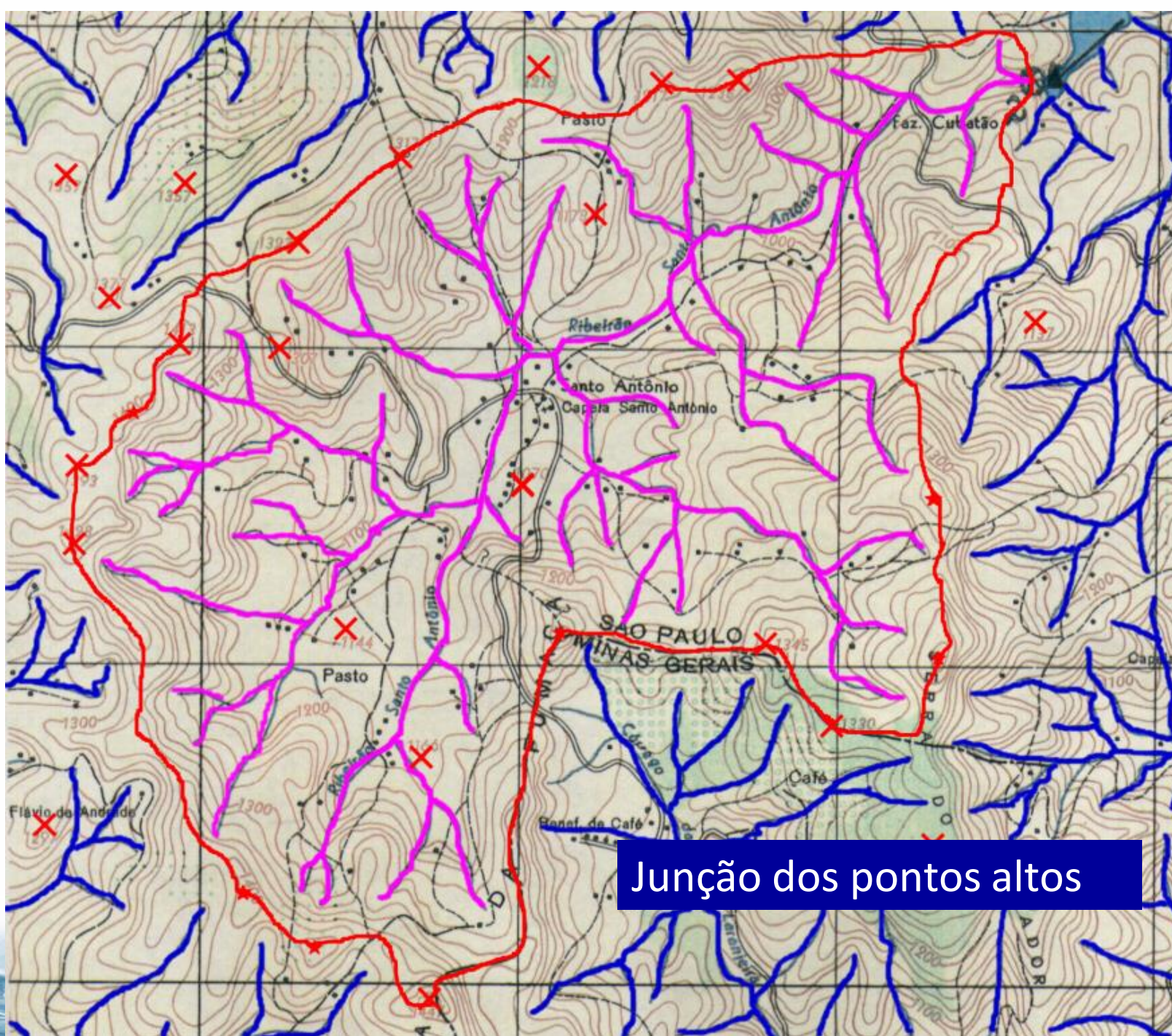
(e outras fontes...)





Destaque da Rede
de Drenagem





Junção dos pontos altos



“Fechamento” do Divisor
Junto à Saída da Bacia

Traçar uma linha
perpendicular às curvas de
nível, a partir da saída da
bacia.



Digitalização a partir de mapa existente

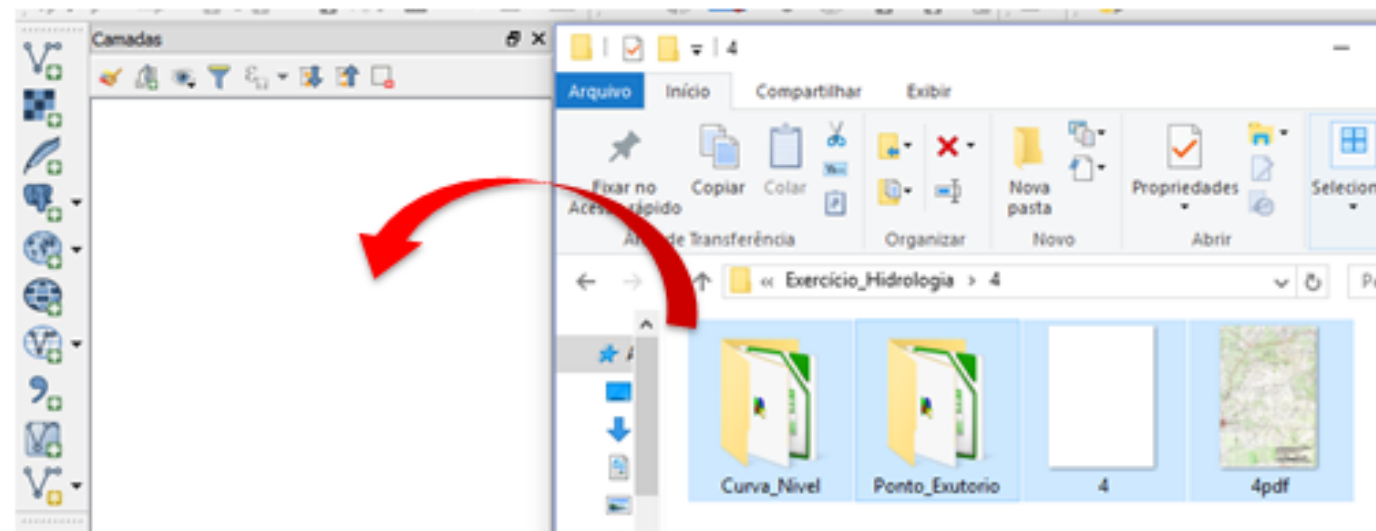
Instruções básicas de utilização do QGIS para o Exercício de Bacias Hidrográficas:

1. Instale o software Quantum GIS em seu computador.

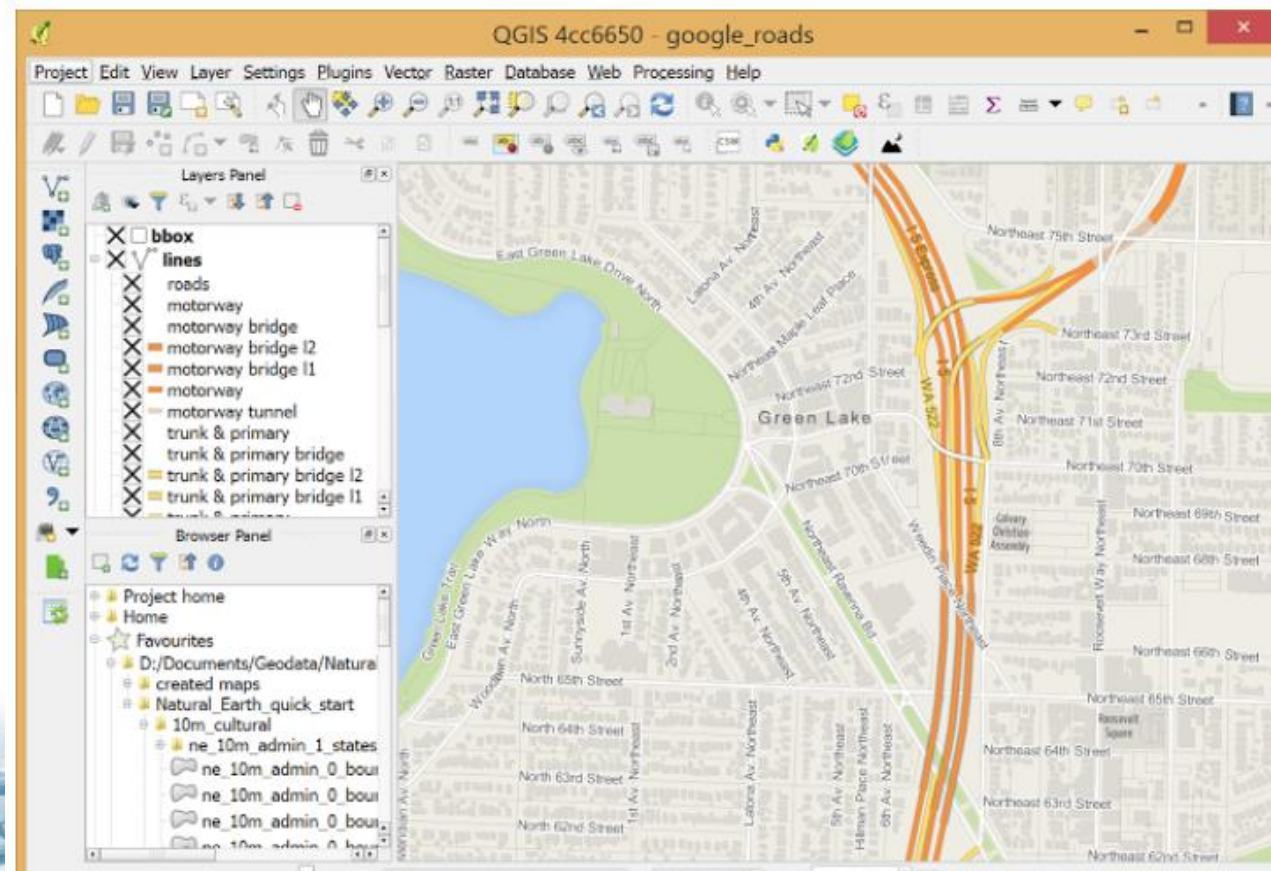


Link para download: http://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html

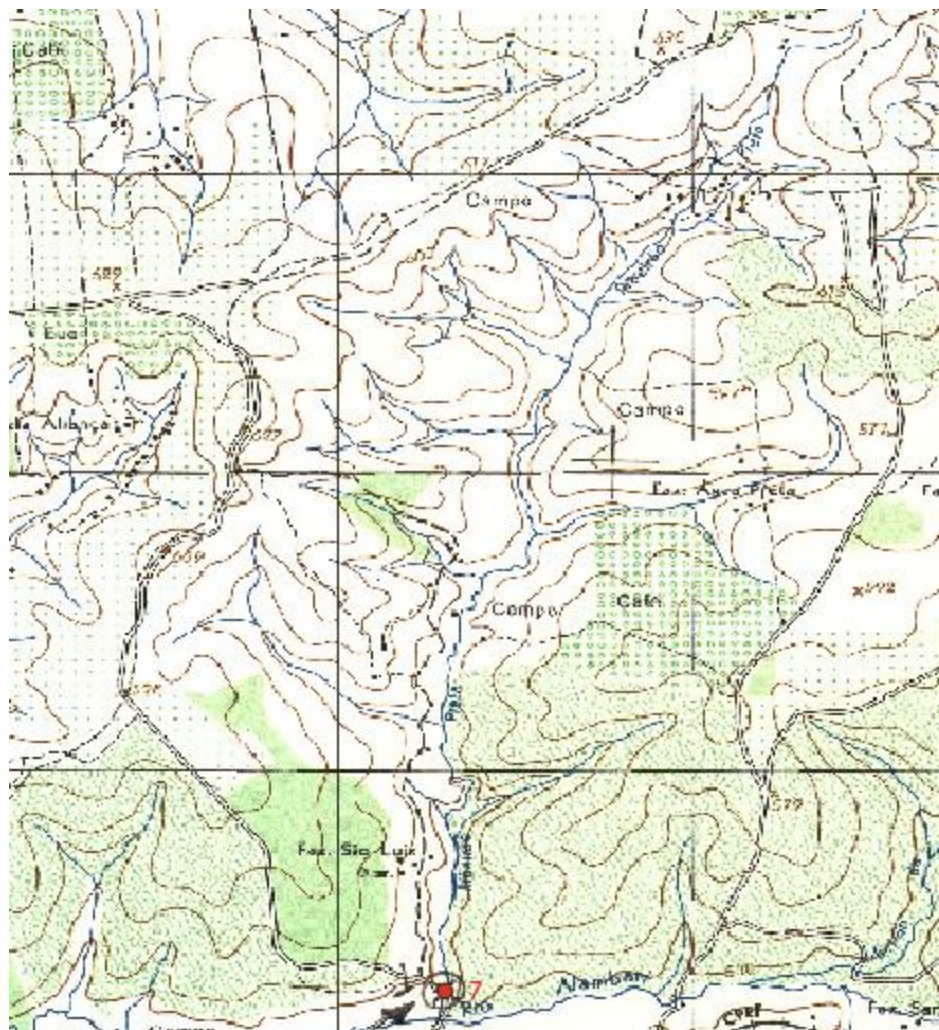
2. Faça o download do arquivo [.zip](#) do exercício das bacias no site (<http://200.144.189.97/exercicios/login.aspx?ReturnUrl=%2fexercicios%2fdefault.aspx%3fexeg%3dba&exeg=ba>) e descompacte-o, isto resultará na pasta que contém as camadas (*shapefile*) e arquivos auxiliares necessários.
3. Abra o software Qgis e com a pasta do seu exutório aberta, **selecione** todos os arquivos e **arraste-os** para a janela “Camadas” dentro do Qgis.



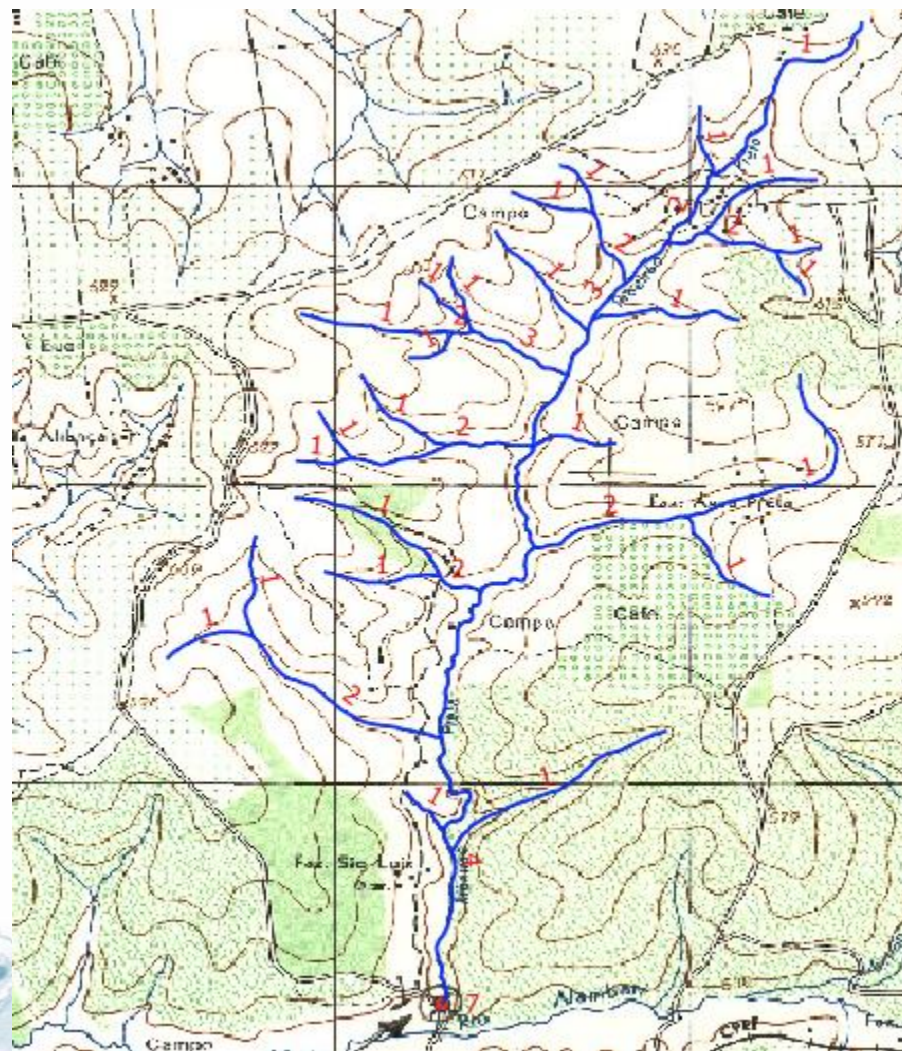
- Long term release repository (most stable) – **QGIS versão 3.16 (Hannover)**
- https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html#
- O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto, dos mais populares atualmente
- Manual versão 3.16 - https://docs.qgis.org/3.16/pt_BR/docs/user_manual/



Hidrografia do mapa (escala 1:50.000)

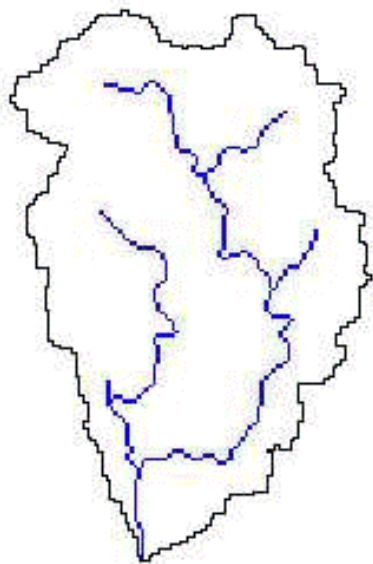


Hidrografia digitalizada

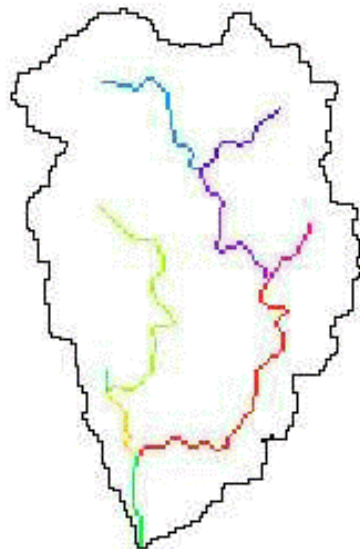


Utilizando modelo digital de terreno

a. Definir os rios



b. Definir os trechos dos rios

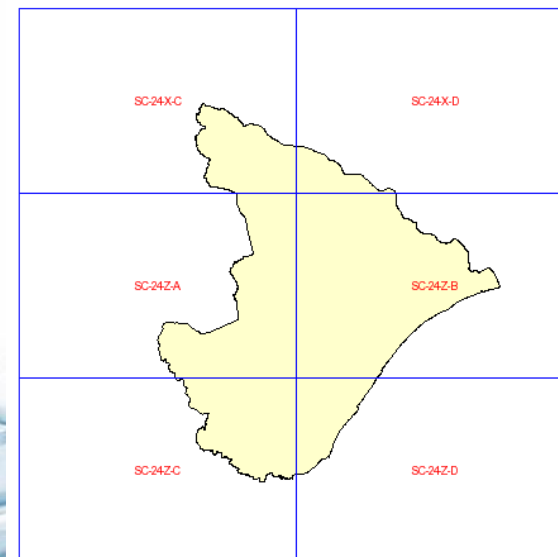


c. Definir as sub-bacias

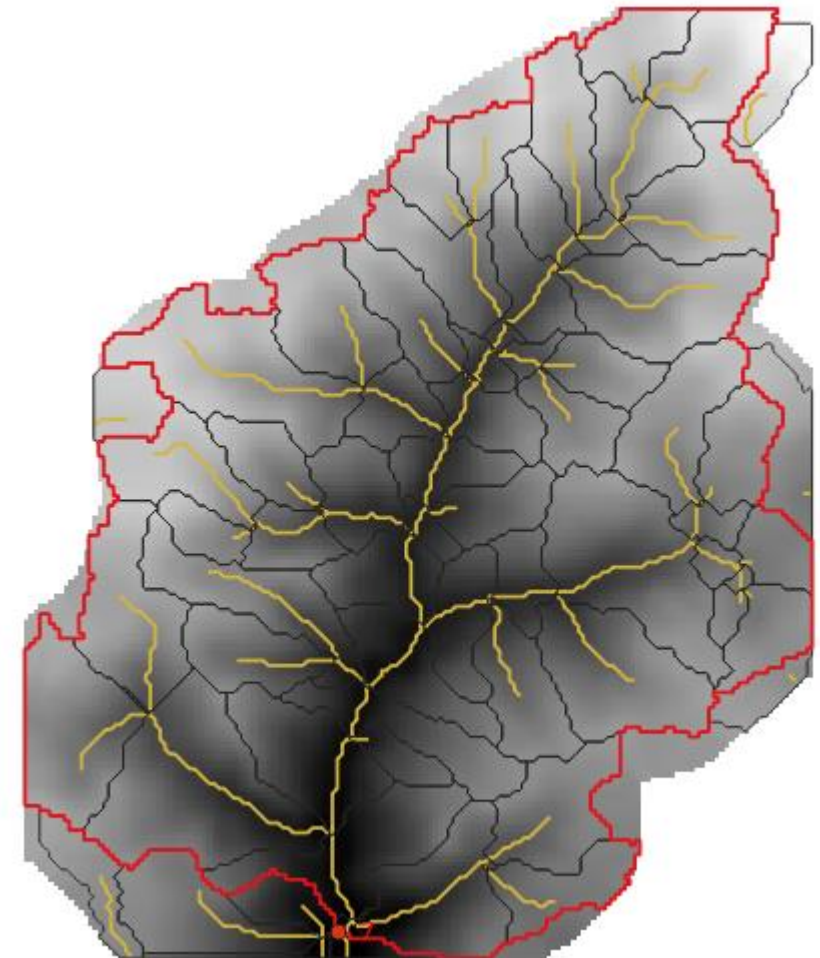


Utilizando Modelo Digital de Elevação (MDE) ou Digital Elevation Model (DEM)

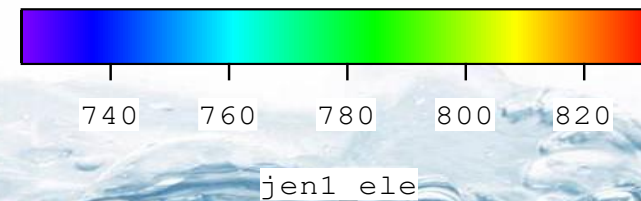
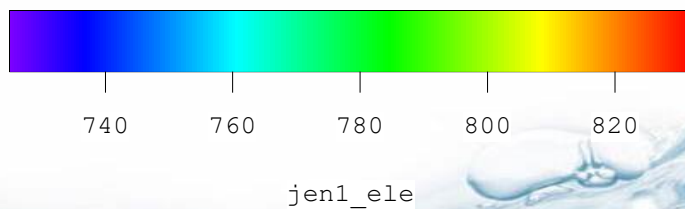
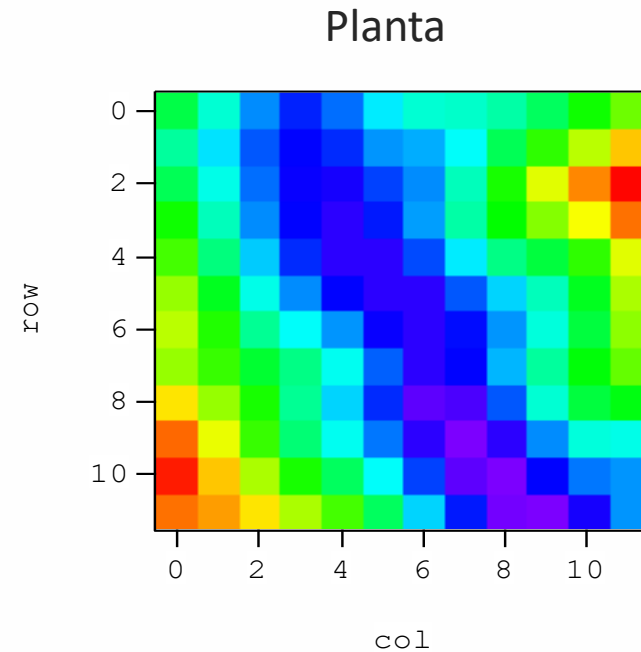
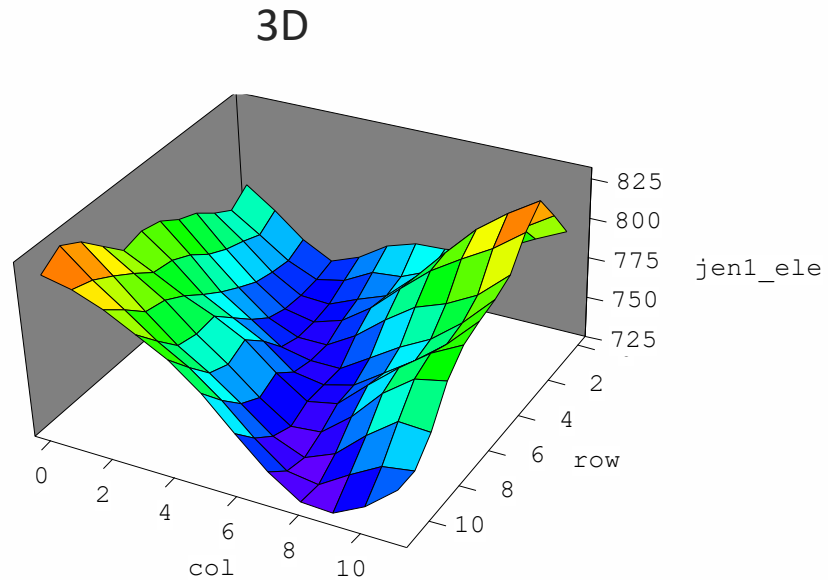
- Vídeo aula: Prof. Danilo Boscolo
<http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=14568>
- Baixar arquivo MDE
 - SRTM informações -
<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/conteudo/projeto.htm>
 - Download -
<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/conteudo/projeto.htm>
 - DATUM WGS 84
 - Z (altitude) em metros



Os modelos estão em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS84.



Utilizando modelo digital de terreno (DEM - digital elevation model)

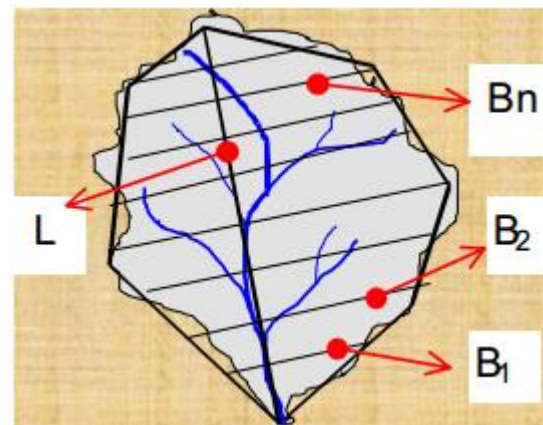


Fonte : Comet (2000)

- Vazão específica: vazão de contribuição por unidade de área (l/s.km^2)
- Mínimas: bacias maiores têm maior vazão específica pois há complementariedade hidrológica de sub-bacias
- Médias: pouco efeito sobre as vazões específicas
- Máximas: picos de enchente atenuados e tempos de base maiores nas bacias de maior área



■ Fator de Forma



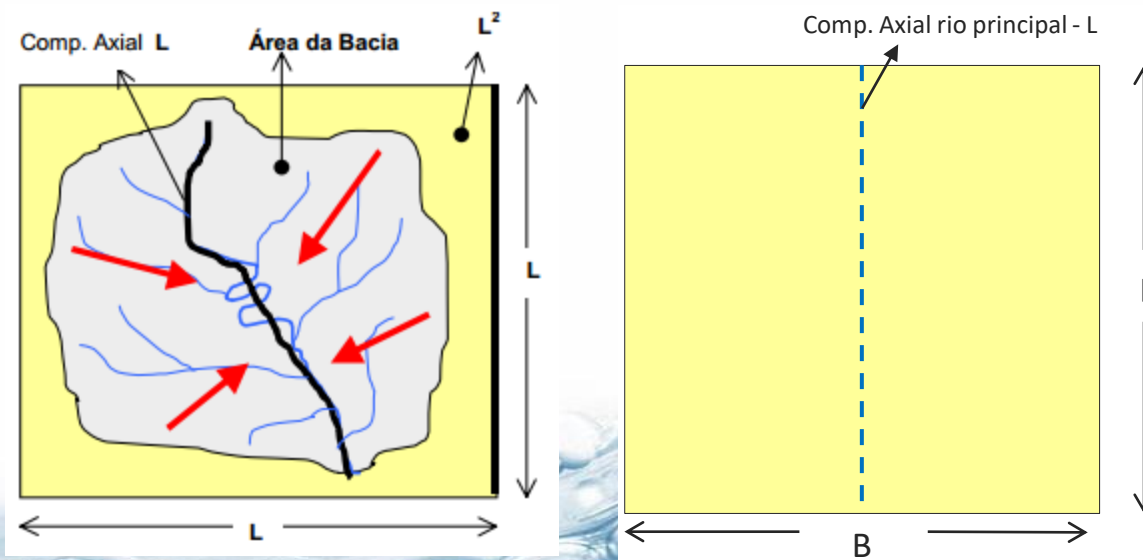
$$F_F = \frac{B}{L}$$

$$B = \frac{1}{n} \cdot \sum_i^n B_i$$

B – largura média

L – comprimento da bacia

■ Índice de Conformação



$$F_c = \frac{\text{A bacia}}{\text{A quadrado}}$$

$$F_c = \frac{A}{B \cdot L} = \frac{A}{L^2}$$

- **Fator de Compacidade (ou índice de Gravelius)**
 - relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área

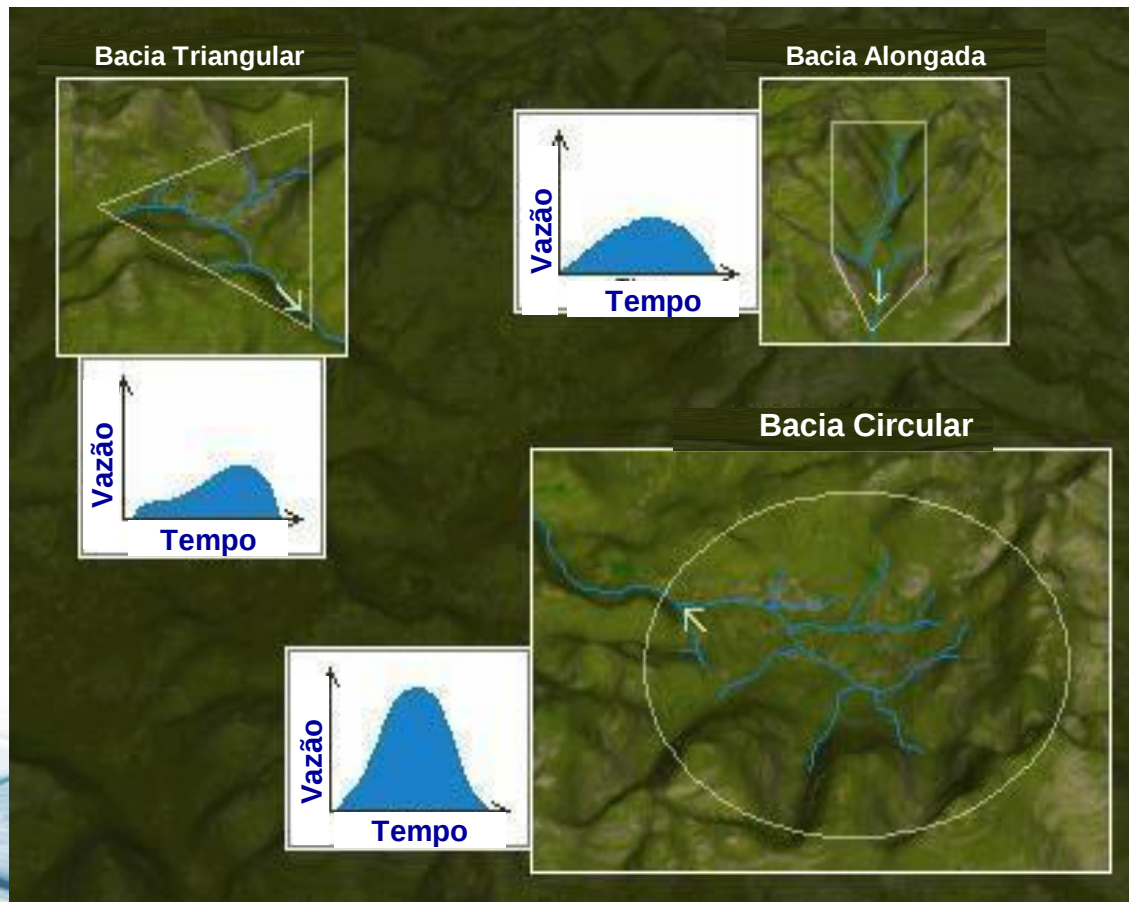
$$K_c = \frac{P}{2\pi r} = \frac{P}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$A = \pi r^2 \therefore r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

- $K_c \geq 1$, quanto mais irregular a bacia, maior o K_c e menor a tendência a enchentes

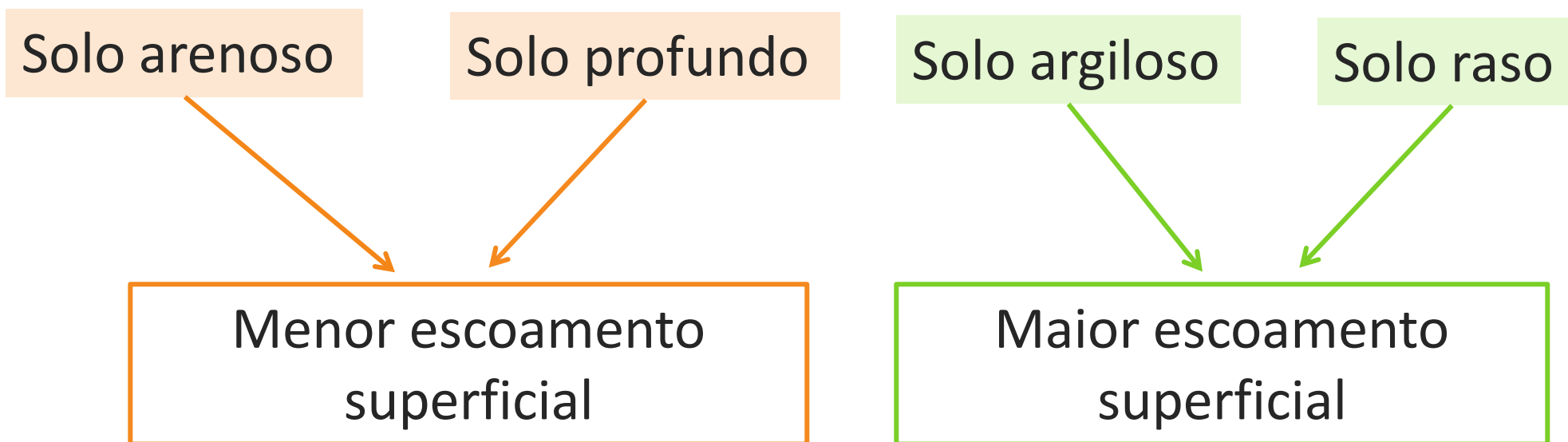
Forma da Bacia e seus índices

- Influência no escoamento:
 - Tempo de concentração
 - Vazão máxima do hidrograma de cheia
 - Tempo de base do escoamento superficial

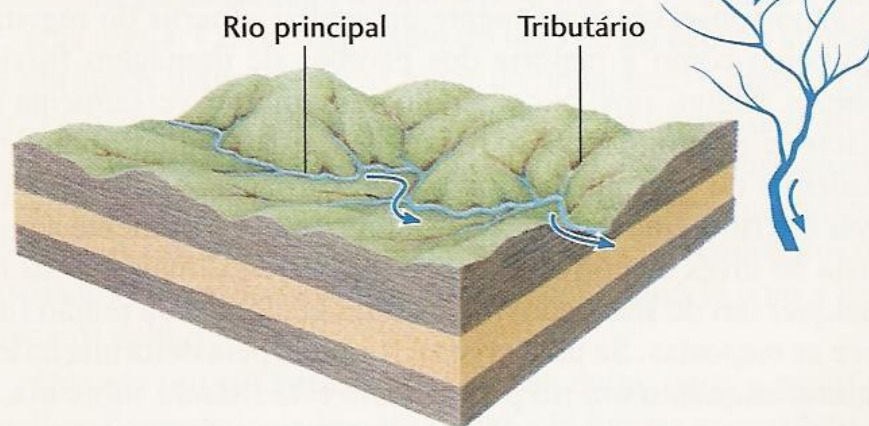


	FF	KC	FC
	0.79	1.00	0.79
	1.00	1.12	1.00
	0.25	1.40	0.25
	4.00	1.40	4.00

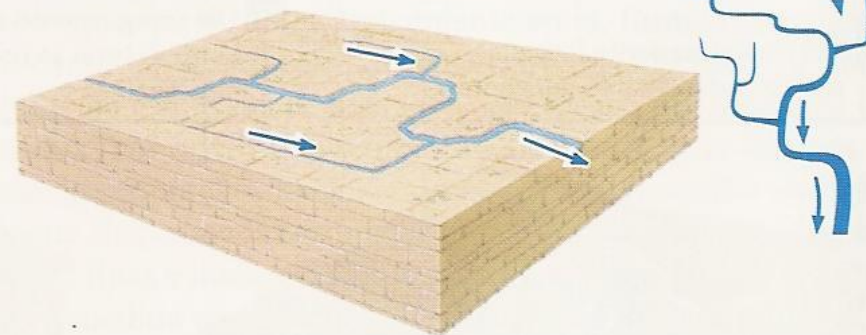
- **Influencia na infiltração e velocidade do escoamento**
- **Áreas de florestas:**
 - **Maior interceptação, folhas e galhos retardam o escoamento, raízes profundas e maior consumo de água das plantas**
- **Agricultura**
 - **Redução da quantidade de matéria orgânica no solo, porosidade diminui, infiltração diminui, raízes mais superficiais e menor consumo de água das plantas**
- **Áreas urbanas:**
 - **Impermeabilização, pouca infiltração e grande velocidade do escoamento → grandes picos de cheias**



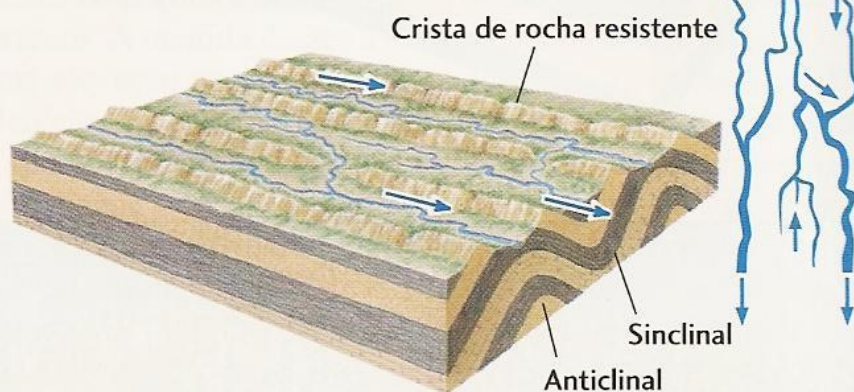
1 A drenagem dendrítica é caracterizada pela ramificação similar aos galhos de uma árvore.



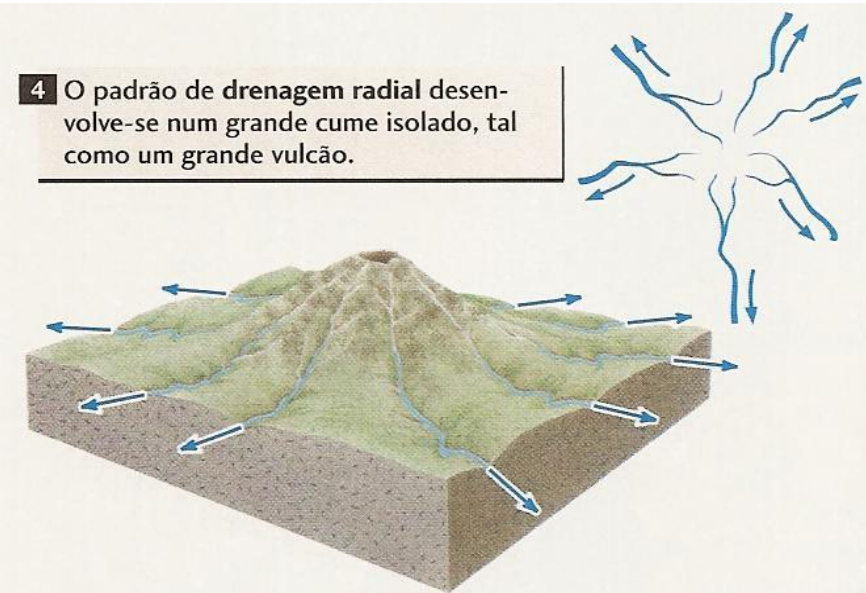
2 A drenagem retangular, desenvolvida num terreno rochoso e densamente fraturado, tende a seguir o padrão das fraturas.



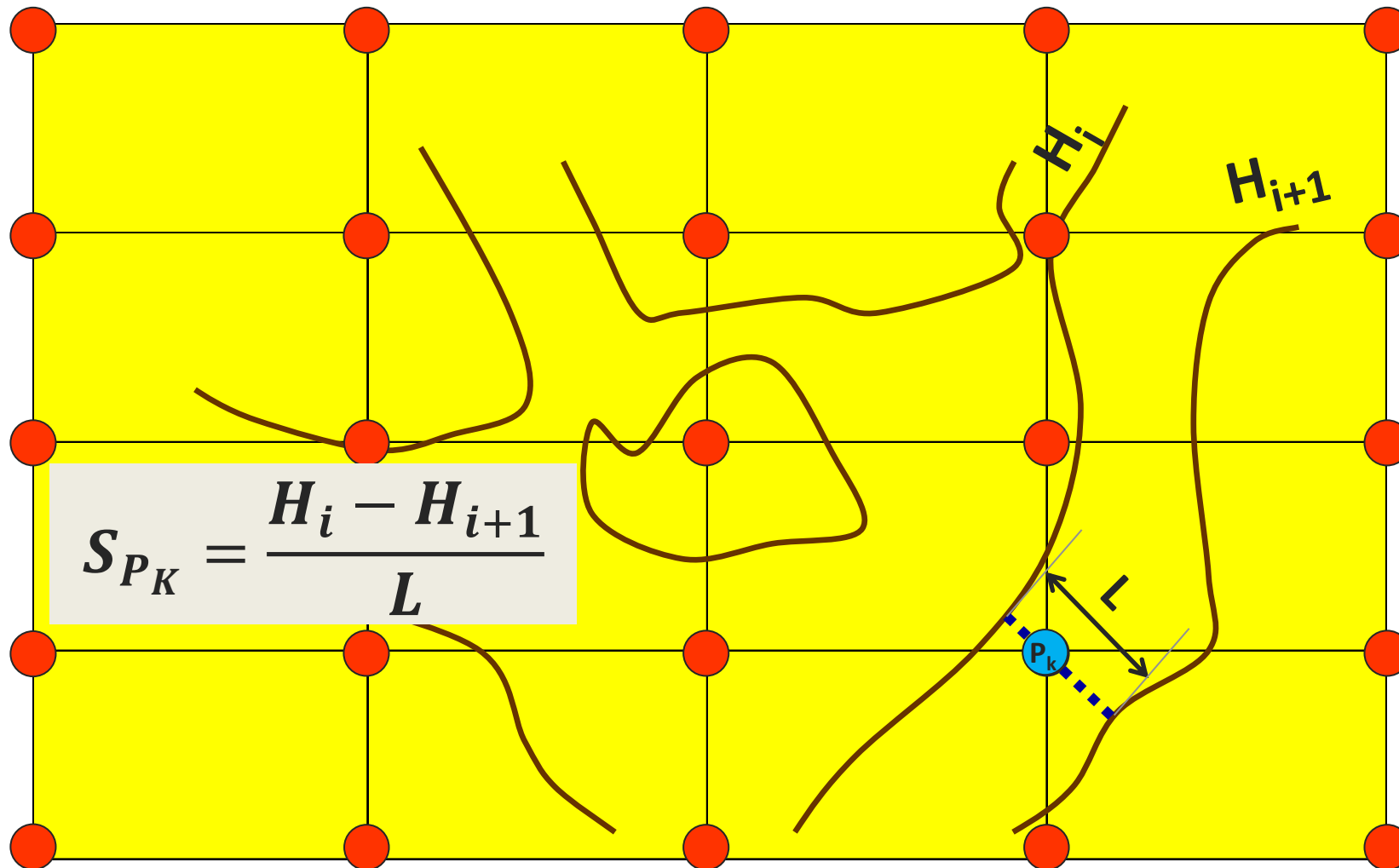
3 A drenagem em treliça desenvolve-se em terrenos de vales e cristas alternados, onde as rochas com diferentes resistências à erosão estão dobradas em anticlinais e sinclinais.



4 O padrão de drenagem radial desenvolve-se num grande cume isolado, tal como um grande vulcão.



Forma da rede de Drenagem



Declividade do Terreno

- Topografia

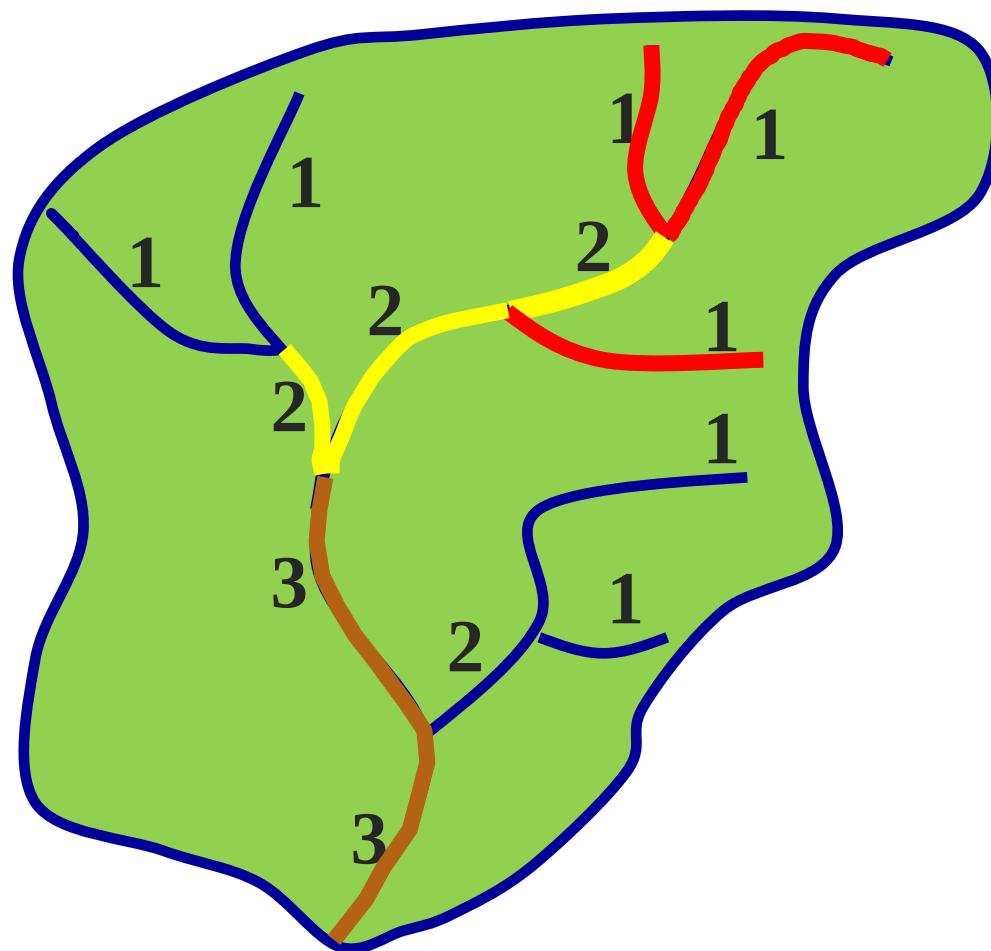
- Plana: Rios longos e escassos
- Acidentada: Rios pequenos e numerosos
- Influência no escoamento

- Índices

- Densidade de cursos d'água: nº de cursos d'água por unidade de área
- Densidade de drenagem: comprimento total de cursos d'água por unidade de área

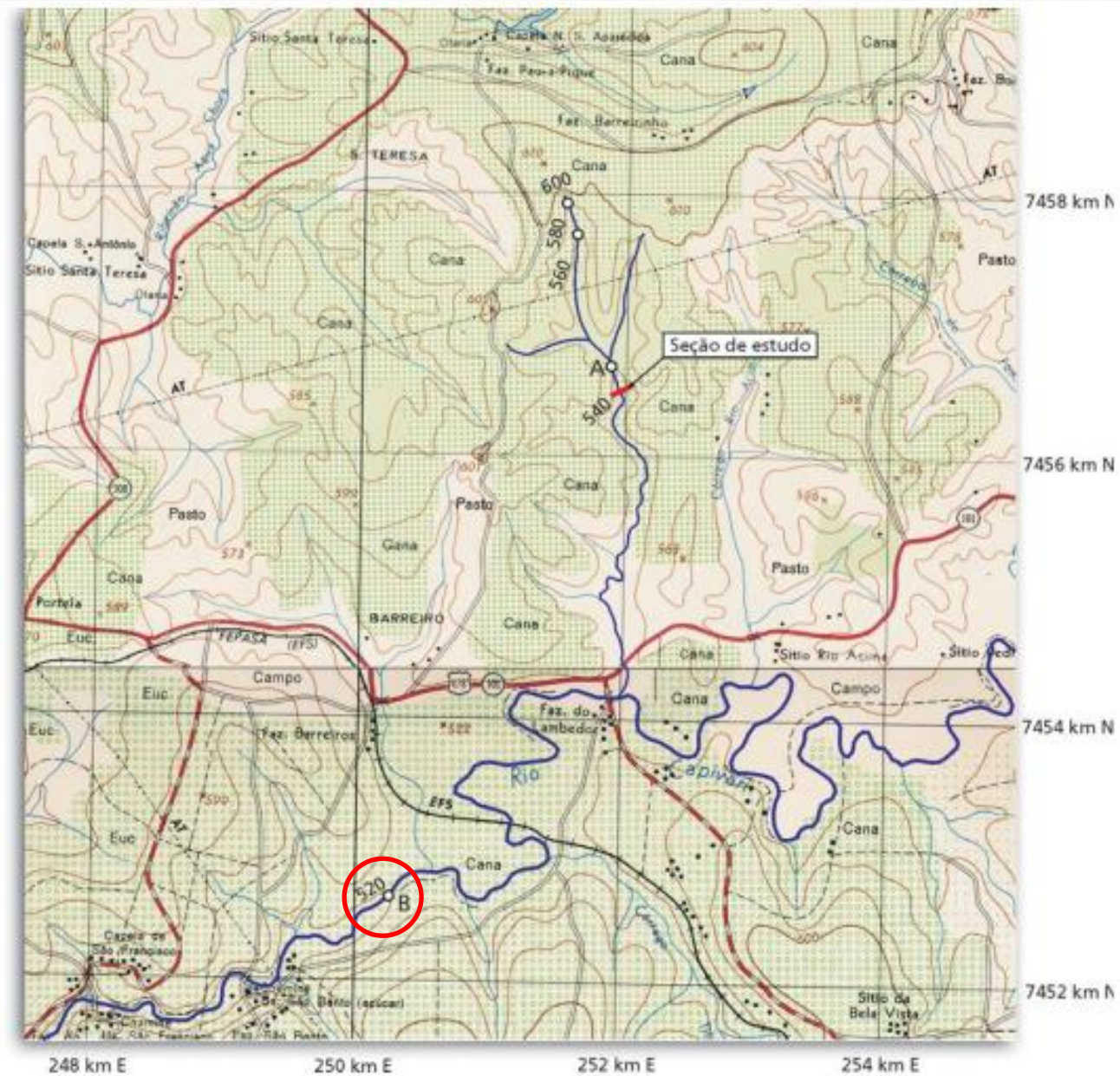
Regras:

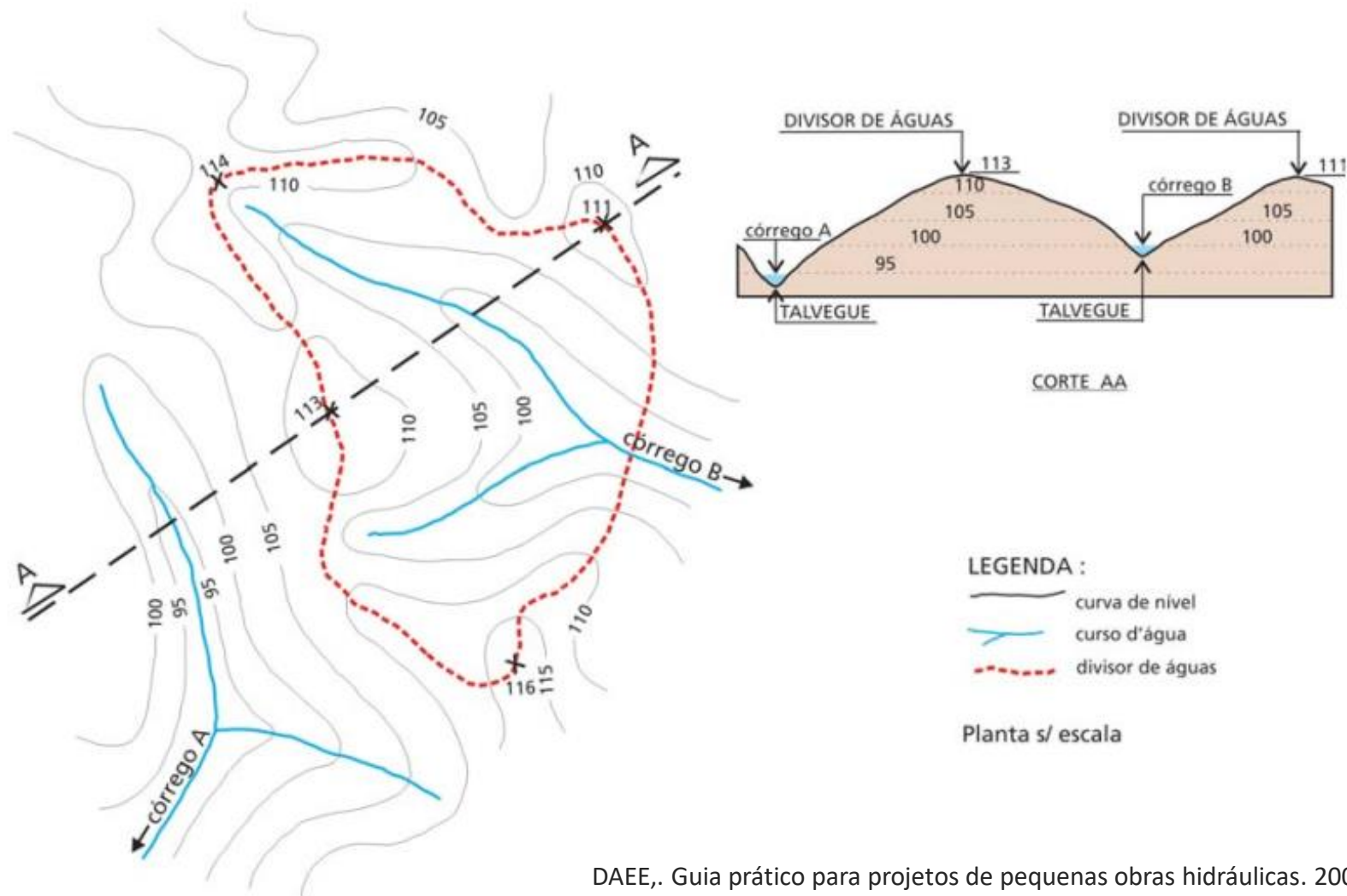
- Trecho de rio sem afluente: ordem 1
- Quando dois trechos de ordens iguais se juntam => trecho seguinte tem a ordem somada a 1
- Quando dois trechos de ordens diferentes se juntam => trecho seguinte tem a maior ordem dos dois.



Perfil longitudinal do talvegue em S

- Carta planialtimétrica em escala apropriada
- Folha cartográfica de Americana (IBGE 1:50.000 SF-23-Y-A-V-3)



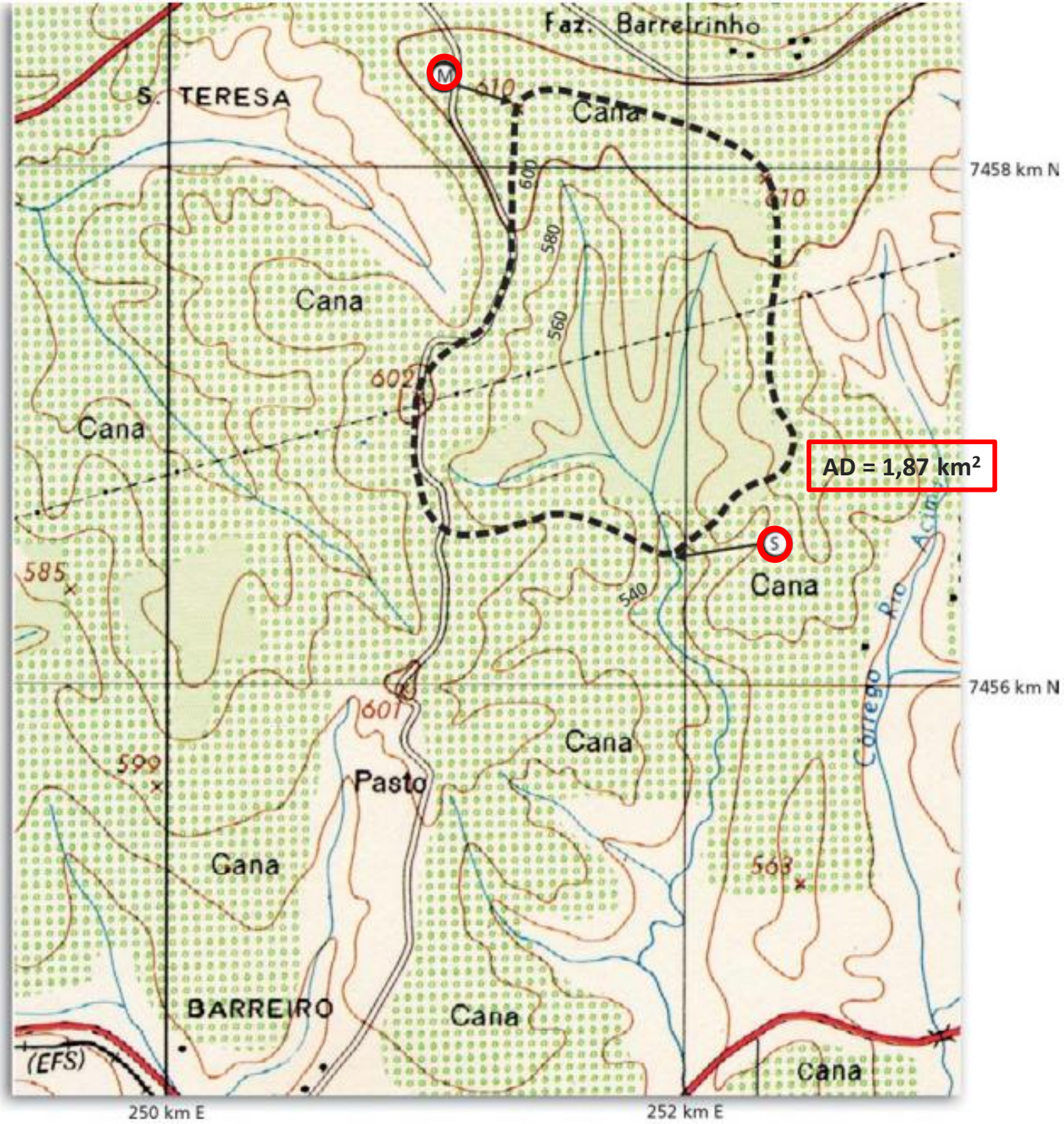


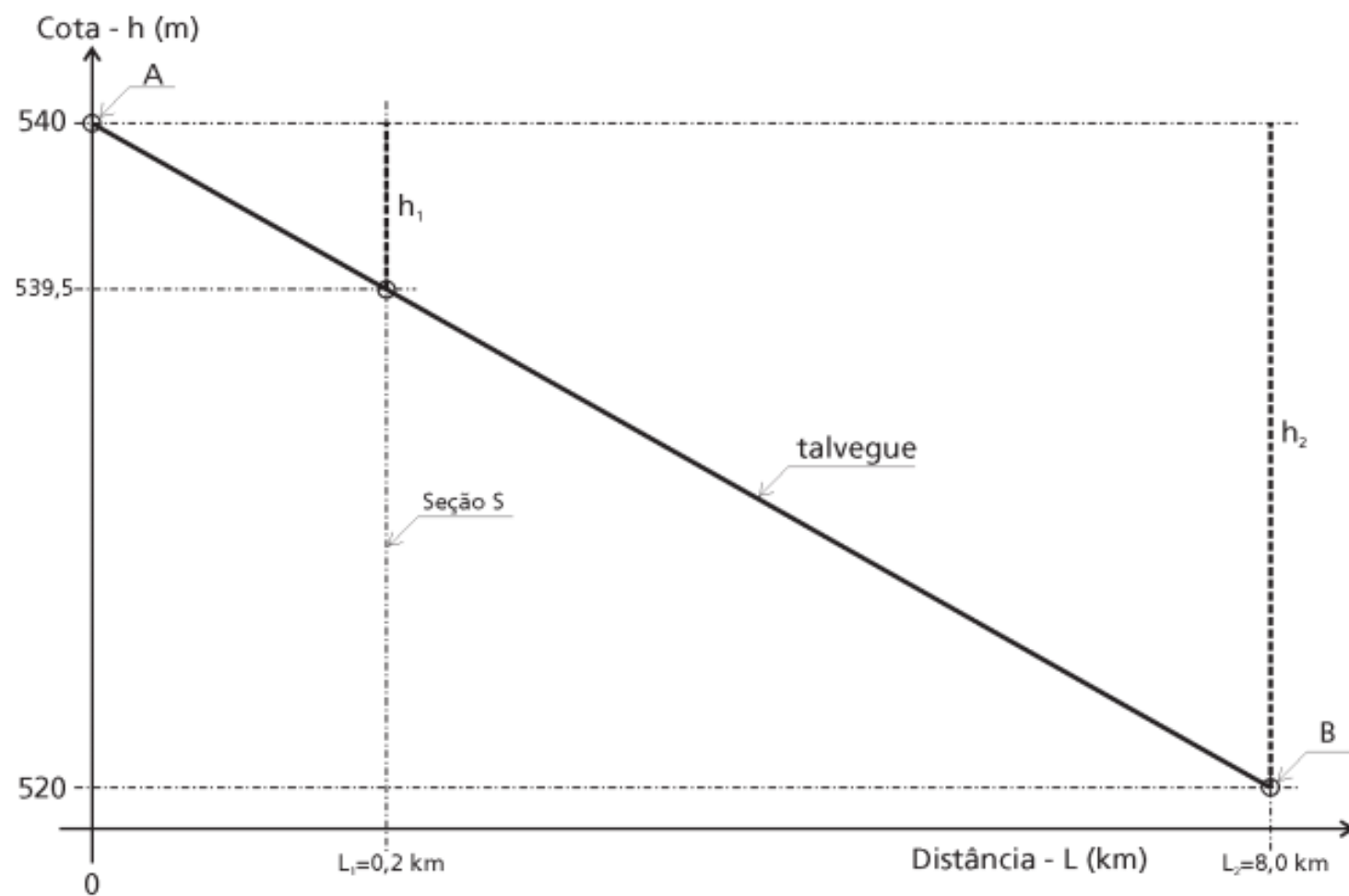
DAEE., Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. 2005. Cap. 1.

Divisor topográfico

Área de drenagem até a seção S (eixo da barragem)

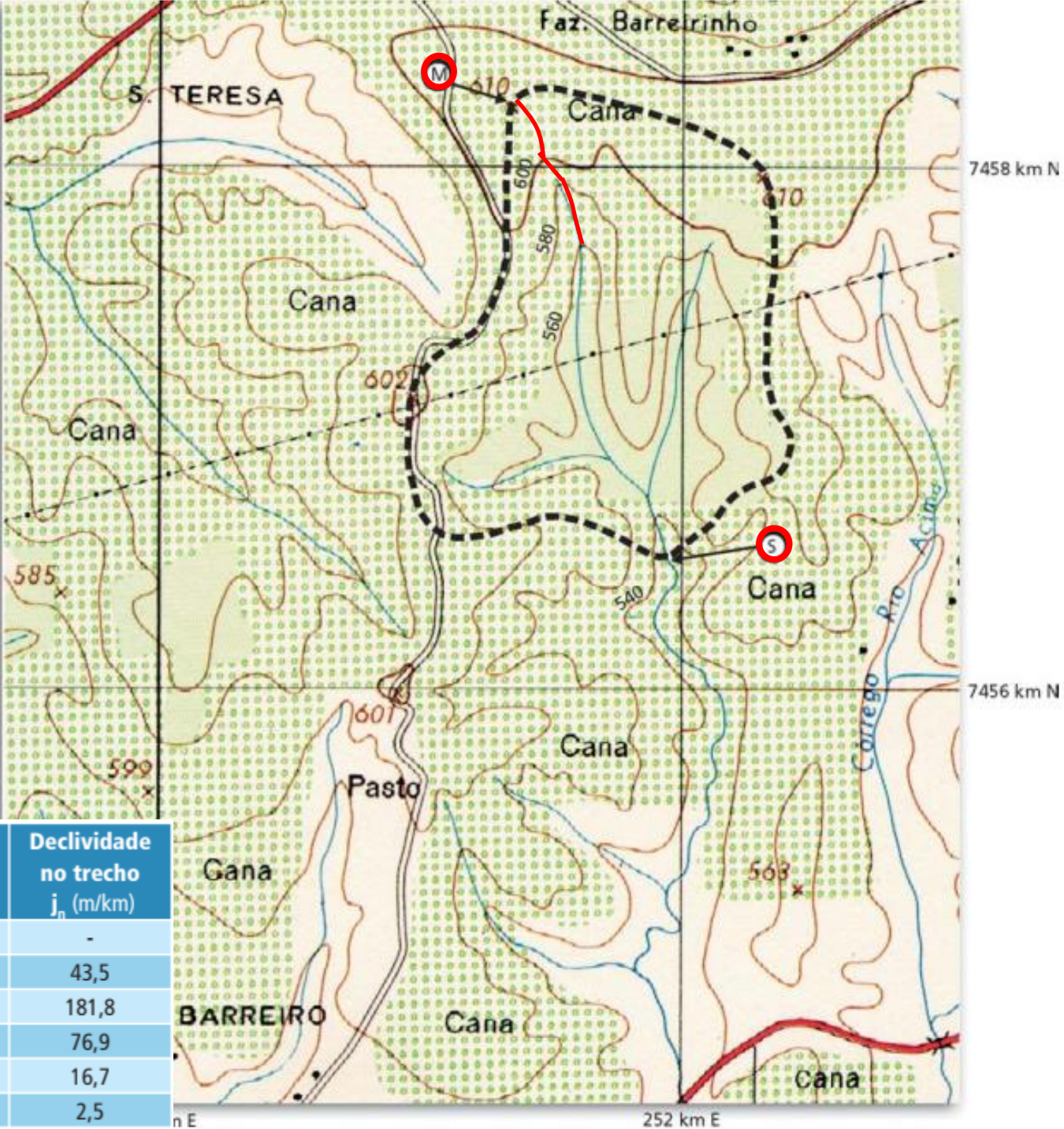
- Delimitação da bacia (o divisor de água intercepta perpendicularmente a curva de nível)
- Comprimento do talvegue principal (L = 2 km)
- Distância S e cota 540 é 0,2 km
- Distância cota 540 e cota 520 é 8 km





Perfil longitudinal entre A e B

Declividade entre os pontos M e S



Ponto do talvegue	Cota H (m)	Distância de "M": L (km)	Desnível no trecho ΔH (m)	Extensão do trecho L _n (km)	Declividade no trecho j _n (m/km)
Divisor (M)	610,0	0,00	-	-	-
curva de nível	600,0	0,23	10,0	0,23	43,5
curva de nível	580,0	0,34	20,0	0,11	181,8
curva de nível	560,0	0,60	20,0	0,26	76,9
curva de nível	540,0	1,80	20,0	1,20	16,7
Seção "S" *	539,5	2,00	0,5	0,20	2,5

Método 1

$$S_1 = \frac{\Delta H}{L}$$
$$S_1 = \frac{610 - 540}{2} = 35 \text{ m/km}$$

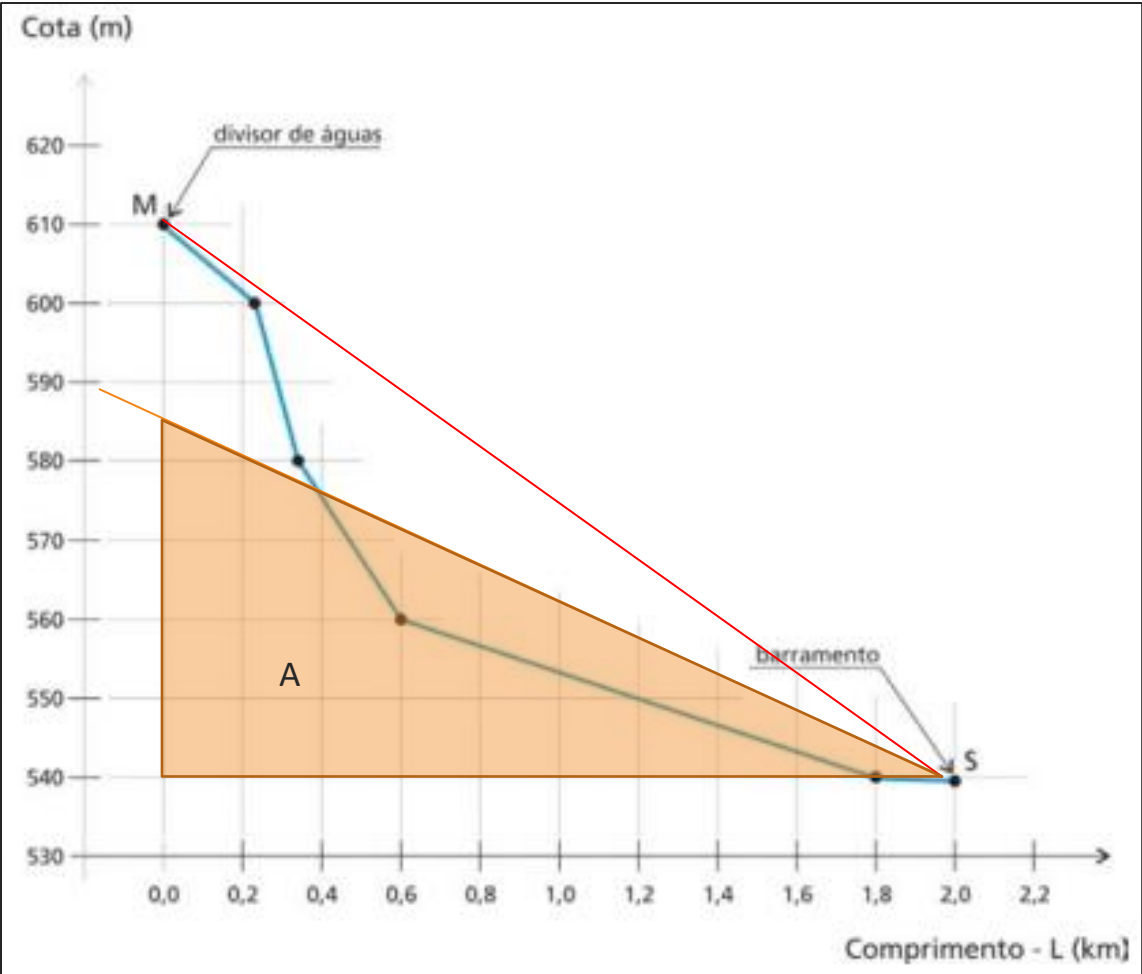
Método 2

$$A = \frac{L \cdot \Delta H}{2} \Rightarrow \Delta H = \frac{2 \cdot A}{L}$$
$$A = \frac{2 \cdot (585 - 540)}{2} = 30$$
$$S_2 = \frac{2 \cdot 45}{2^2} = 22,5 \text{ m/km}$$
$$S_2 = \tan \theta = \frac{\Delta H}{L} = \frac{2 \cdot A}{L^2}$$

Método 3: Declividade equivalente

$$S_3 = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

$$S_3 = \left(\frac{2}{\frac{0,23}{\sqrt{43,5}} + \frac{0,11}{\sqrt{181,8}} + \frac{0,26}{\sqrt{76,9}} + \frac{1,2}{\sqrt{16,7}} + \frac{0,2}{\sqrt{2,5}}} \right)^2 = 16,45 \text{ m/km}$$



Ponto do talvegue	Cota H (m)	Distância de "M": L (km)	Desnível no trecho ΔH (m)	Extensão do trecho L _n (km)	Declividade no trecho j _n (m/km)
Divisor (M)	610,0	0,00	-	-	-
curva de nível	600,0	0,23	10,0	0,23	43,5
curva de nível	580,0	0,34	20,0	0,11	181,8
curva de nível	560,0	0,60	20,0	0,26	76,9
curva de nível	540,0	1,80	20,0	1,20	16,7
Seção "S" *	539,5	2,00	0,5	0,20	2,5



Exercícios de Graduação

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
Escola Politécnica da USP

09/Aug/2017 09:12

Nome: Arisvaldo - RG ou NºUSP: 468941 - [Principal] - [POLI] - [PHD2307] - [Sair] - Versão 2009.04.04.01

PHD-2307/PHD-2308

- ▶ Balanço Hídrico
- ▶ Bacias Hidrográficas
- ▶ Medição de Vazão
- ▶ Curva-Chave
- ▶ Polígonos de Thiessen
- ▶ Semestre Hidrológico
- ▶ Chuvas Intensas
- ▶ Curva de Permanência
- ▶ Modelo em Planilha
- ▶ Estatística
- ▶ SimRes
- ▶ Infiltração
- ▶ Evapotranspiração
- ▶ Escoamento Superficial Direto
- ▶ Hidrograma Unitário
- ▶ AMR
- ▶ Águas Subterrâneas
- ▶ ABC
- ▶ Dúvidas Frequentes

Bacias Hidrográficas

- Data máxima para entrega: 28/09/2017

Este exercício deve ser entregue na secretaria do departamento.

Instruções:

- Faça download da planta da tabela abaixo. (clique com o botão direito sobre o link e escolha "Salvar Imagem Como").

Planta	Arquivos GIS
2.jpg	2.zip

- Imprima a planta em uma folha A4 usando algum programa de edição de imagens (PaintshopPro, PhotoShop, CorelPaint, etc). É aconselhável deixar o programa ajustar a imagem na folha e imprimi-lo na resolução máxima disponível da sua impressora colorida. Observe que a escala da planta não será exatamente 1:50000 após a impressão. Use, se necessário, a escala gráfica indicada em cada planta.

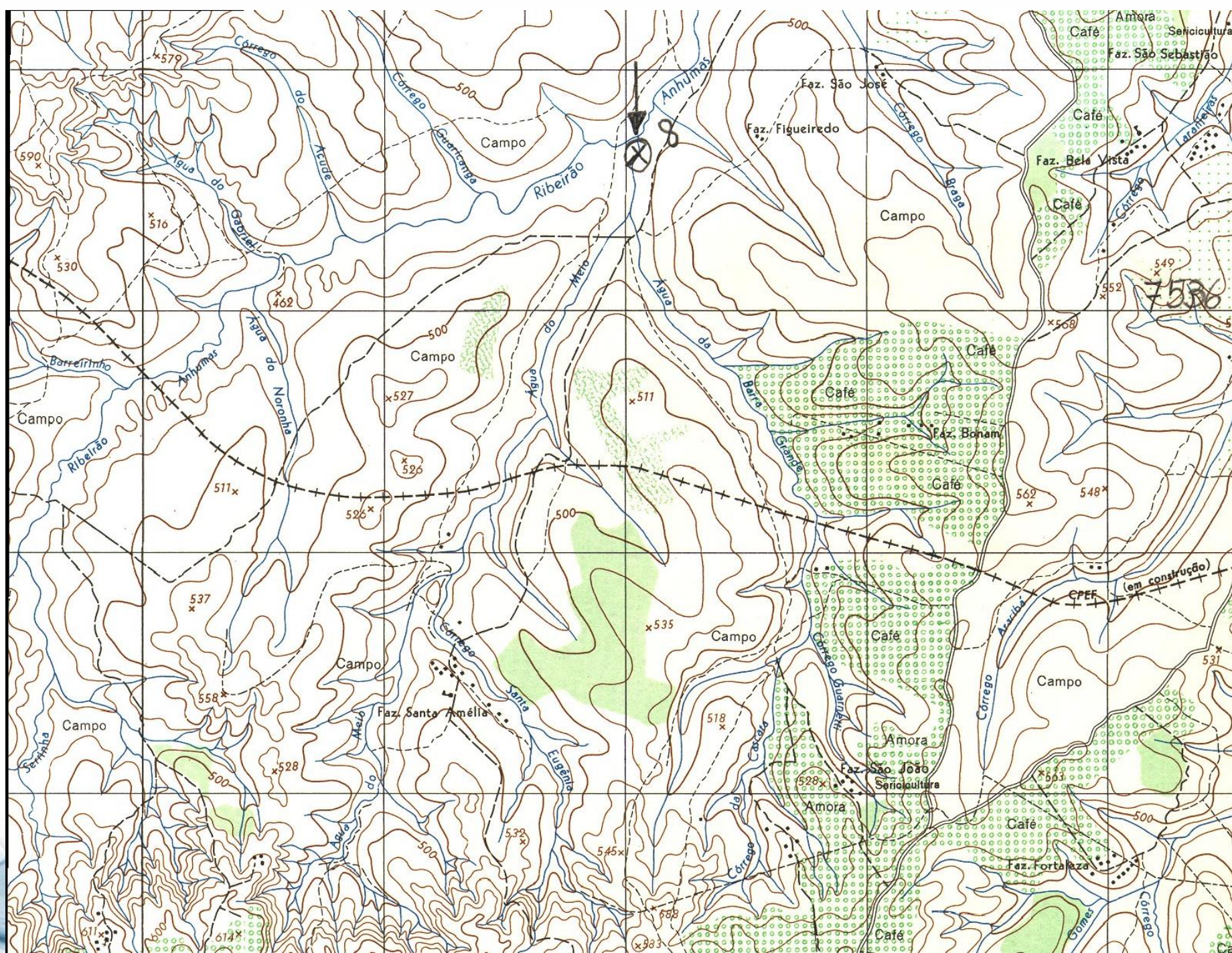
Responda às seguintes Questões:

1. Na planta planialtimétrica fornecida (escala Gráfica), localize o ponto que define a saída da bacia hidrográfica. Destaque os rios (utilize uma coloração ou copie para um papel vegetal) e marque os pontos e anote os valores das cotas onde as curvas de nível interceptam o rio principal (rio mais longo. Em caso de dúvida, adote arbitrariamente o rio principal).
2. Localize os pontos altos ao redor da malha fluvial (pontos cotados). Determine o contorno da bacia, unindo esses pontos altos (as ligações não são retilíneas: interprete a topografia pelas curvas de nível).
3. Determine a área da bacia. (utilizando planímetro, digitalizando o contorno, utilizando papel quadriculado ou compondo figuras geométricas)
4. Meça, com auxílio de um curvímeter ou de um cordão, o comprimento do rio principal, o comprimento da rede fluvial e o perímetro da bacia.
5. Determine os parâmetros de forma da bacia, as ordens dos cursos d'água e a densidade de drenagem da bacia.

6. Desenhe o perfil longitudinal do rio principal e determine sua declividade média pelas três definições.
7. Compare os resultados obtidos com os de outras duas bacias, fazendo uma análise crítica quanto aos hidrogramas que seriam gerados por uma determinada chuva intensa .

	Bacia 1	Bacia 2	Bacia3
Planta			
Bacia			
Área (km ²)			
Comprimento do rio principal (km)			
Comprimento da malha Fluvial (km)			
Perímetro da bacia (km)			
Fator de Forma			
Fator de Conformação			
Fator de Compacidade			
Ordem do rio principal			
Densidade de drenagem (km ⁻¹)			
Declividade (1)			
Declividade (2)			
Declividade (3)			







FIM



LabSid