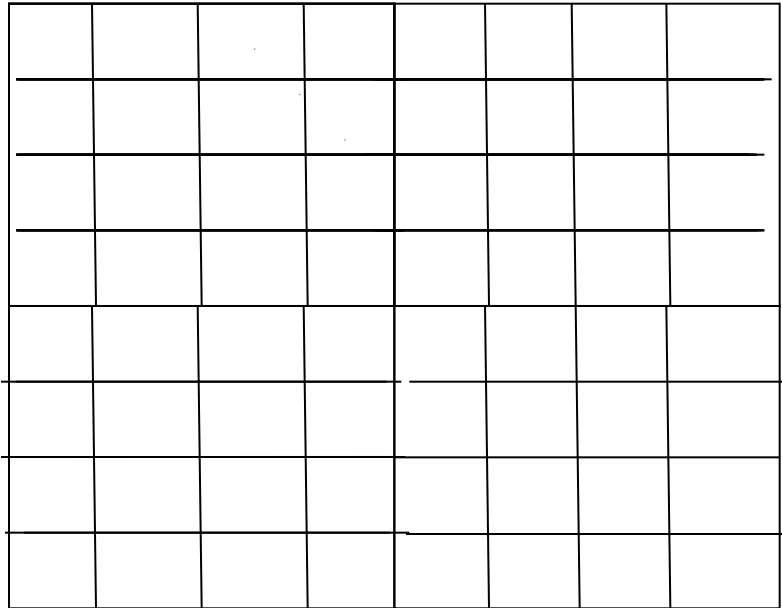
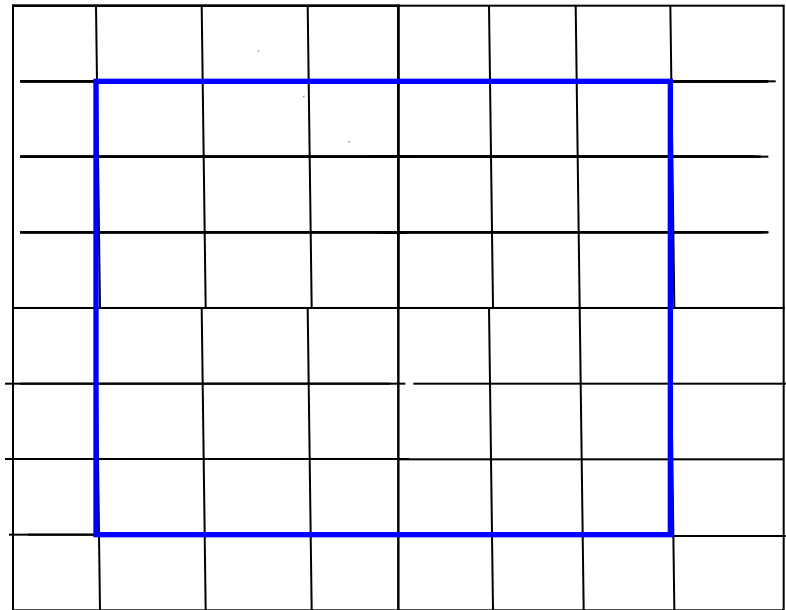


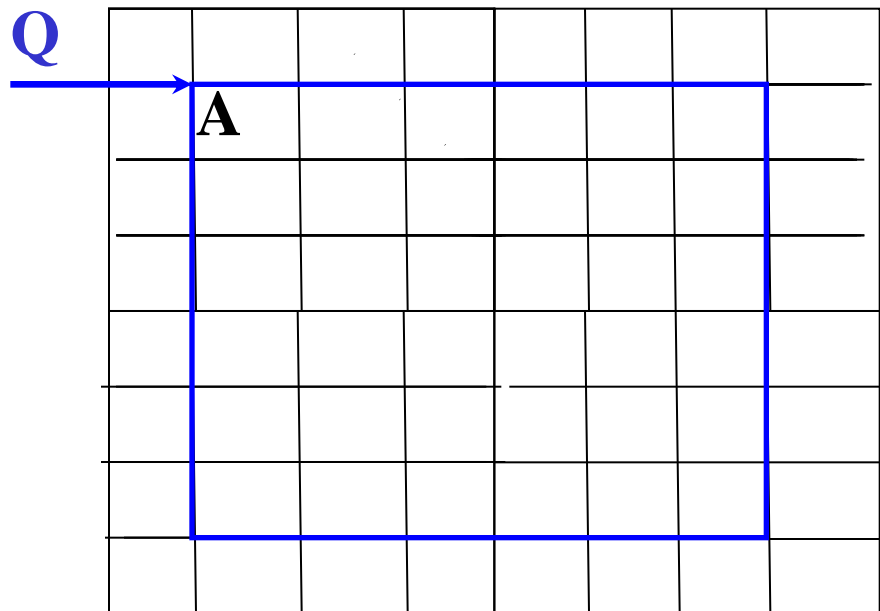
5.10 Redes malhadas (Hardy-Cross)



Zona de uma cidade, com $8 \times 8 = 64$ quadras, na qual devemos implantar rede malhada.

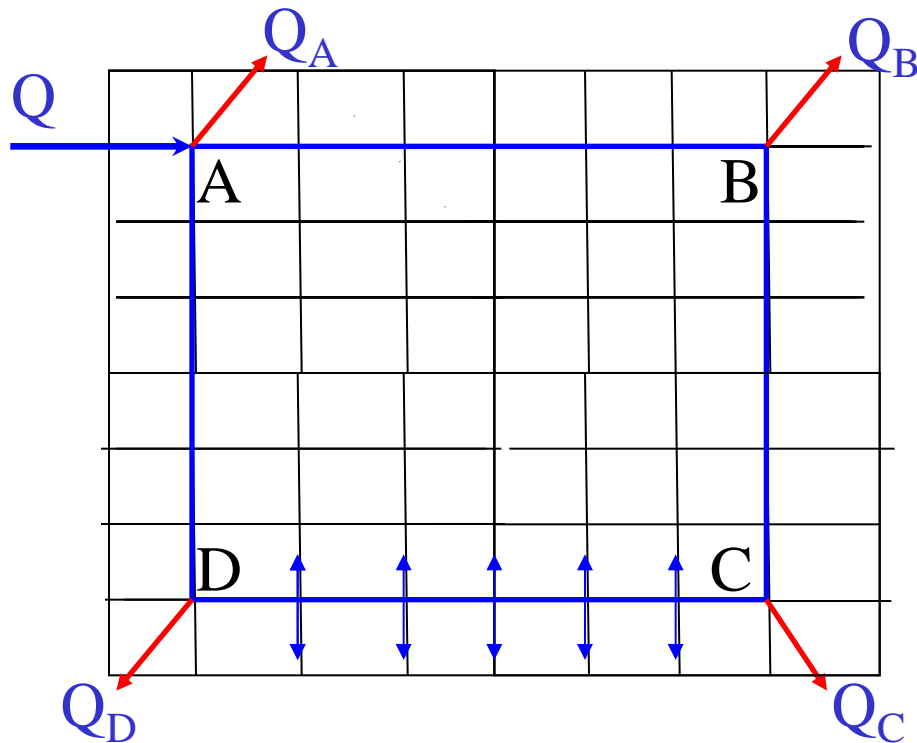


Lançamento de um anel de distribuição...(Critérios de lançamento do traçado)



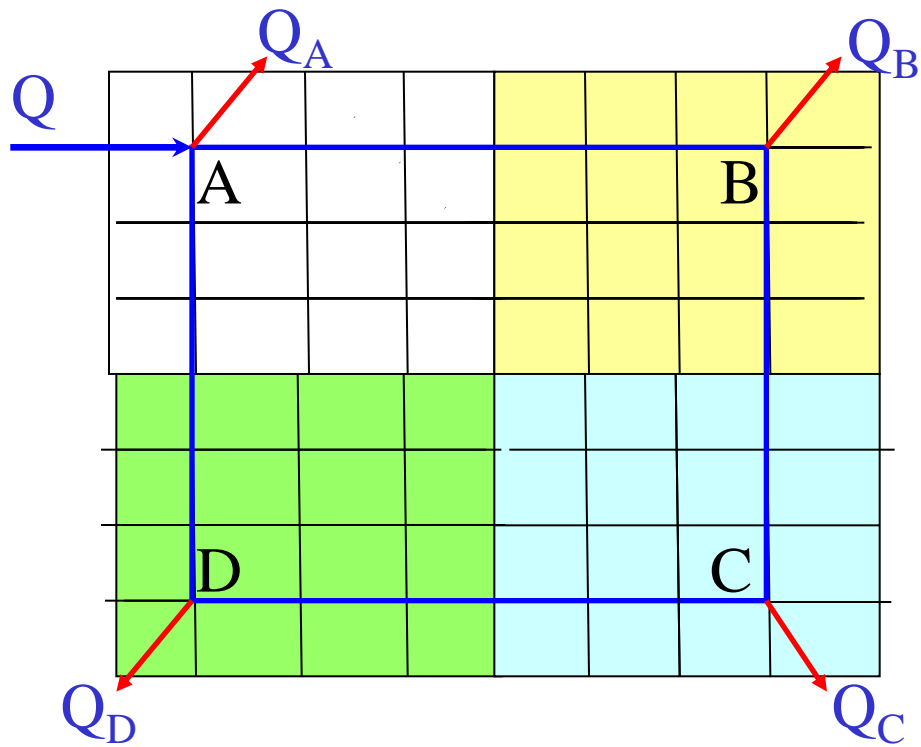
Definição do ponto (**A**) de **alimentação do anel**, por canalização que vem de reservatório, aduzindo vazão **Q**.

Definição dos pontos de derivação de vazões, para abastecer aos setores de abastecimento com as vazões Q_A , Q_B , Q_C e Q_D .

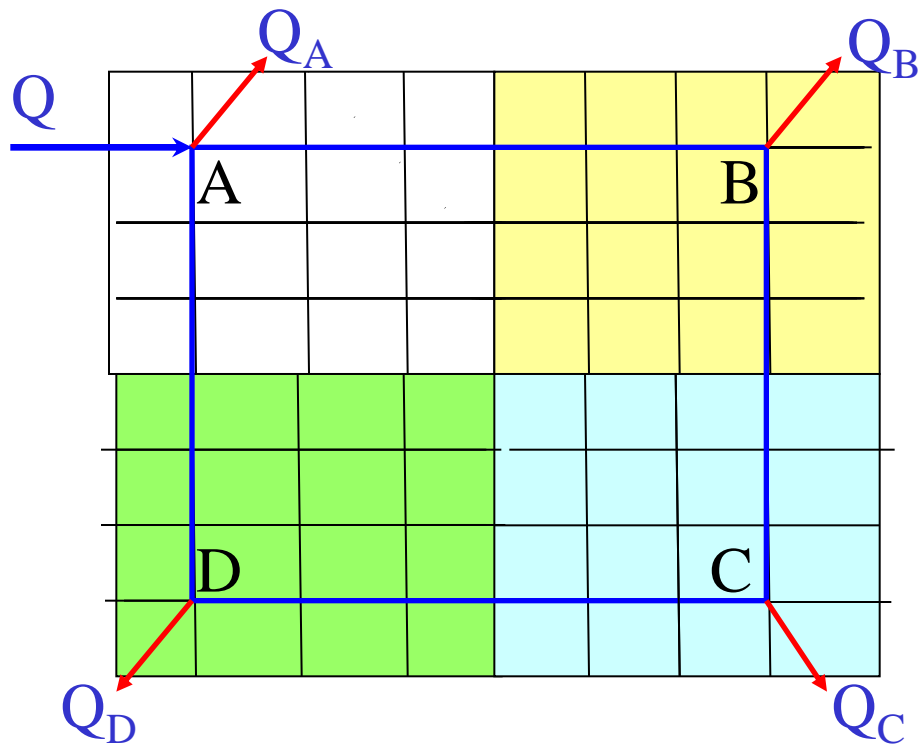


- *Crítérios fixação pontos?*

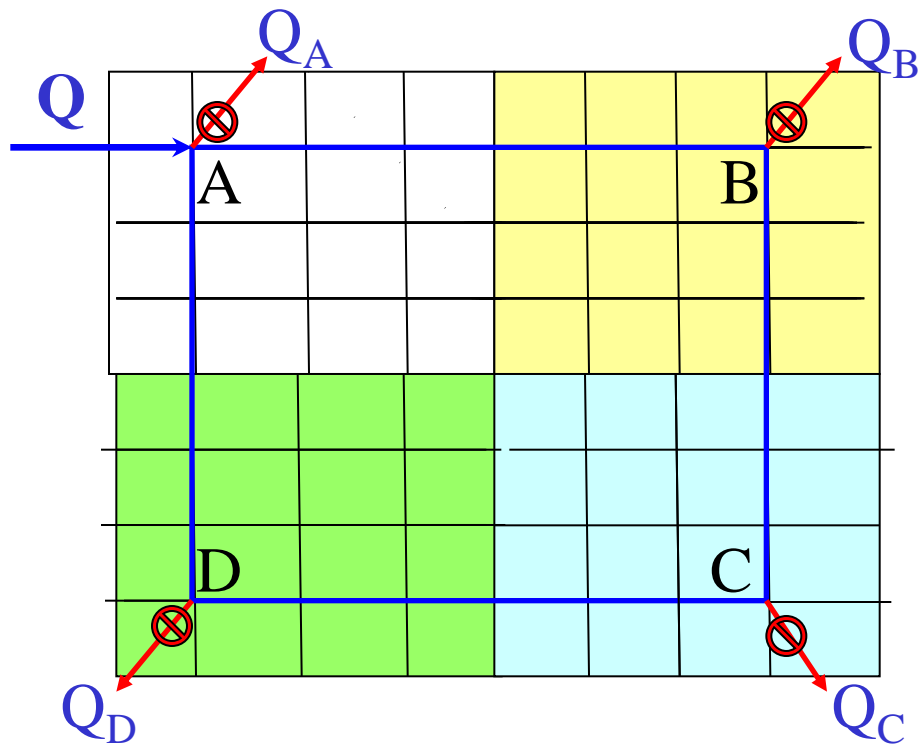
- *Na realidade podemos ter uma derivação em cada esquina. Neste caso considera-se que...*



Quatro setores de abastecimento.



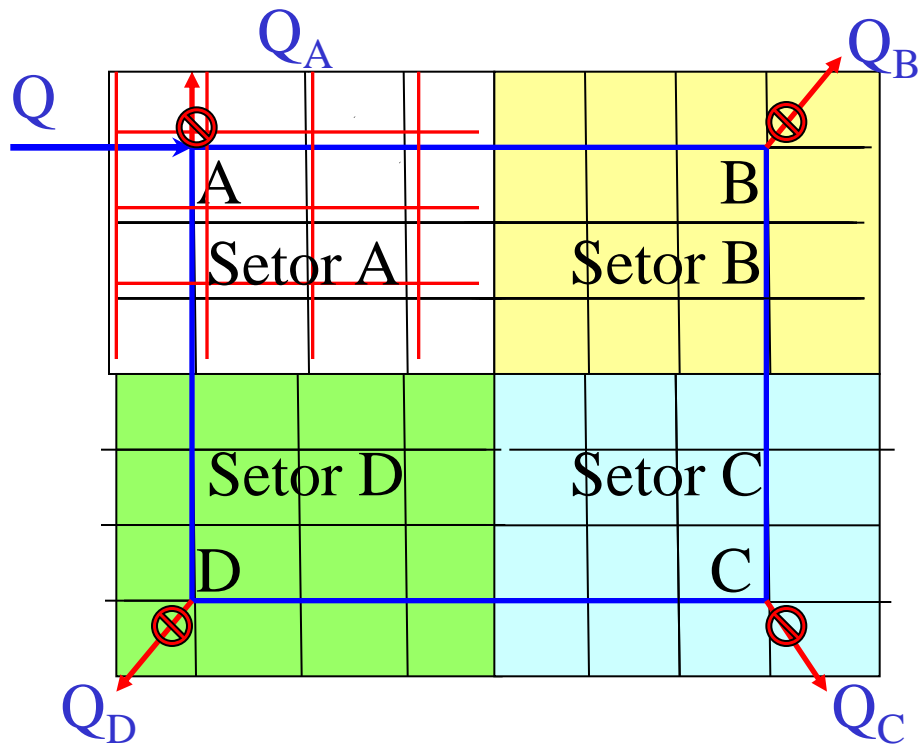
O ramal que deriva-se de “A” alimenta uma rede ramificada que se distribui pelo arruamento da área abastecida (setor de abastecimento).



⊗ : Registro

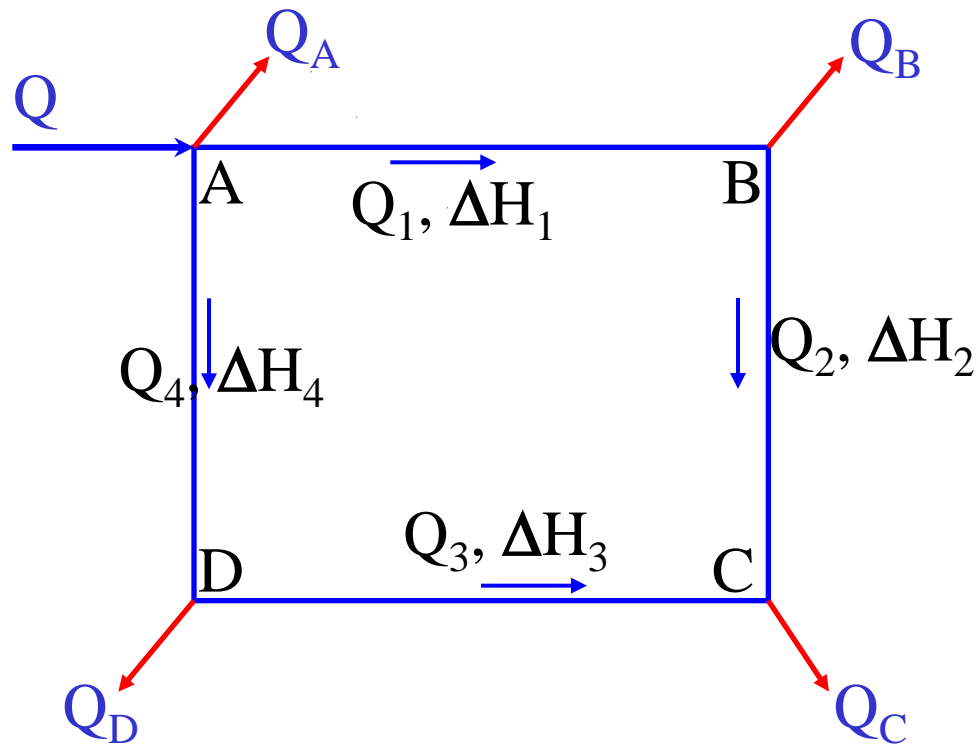
Que fatores levam a que um registro deva ser fechado?

Cada setor de abastecimento tem um registro, junto à derivação do anel, devendo ainda haver outros registros na rede ramificada que abastece cada setor.

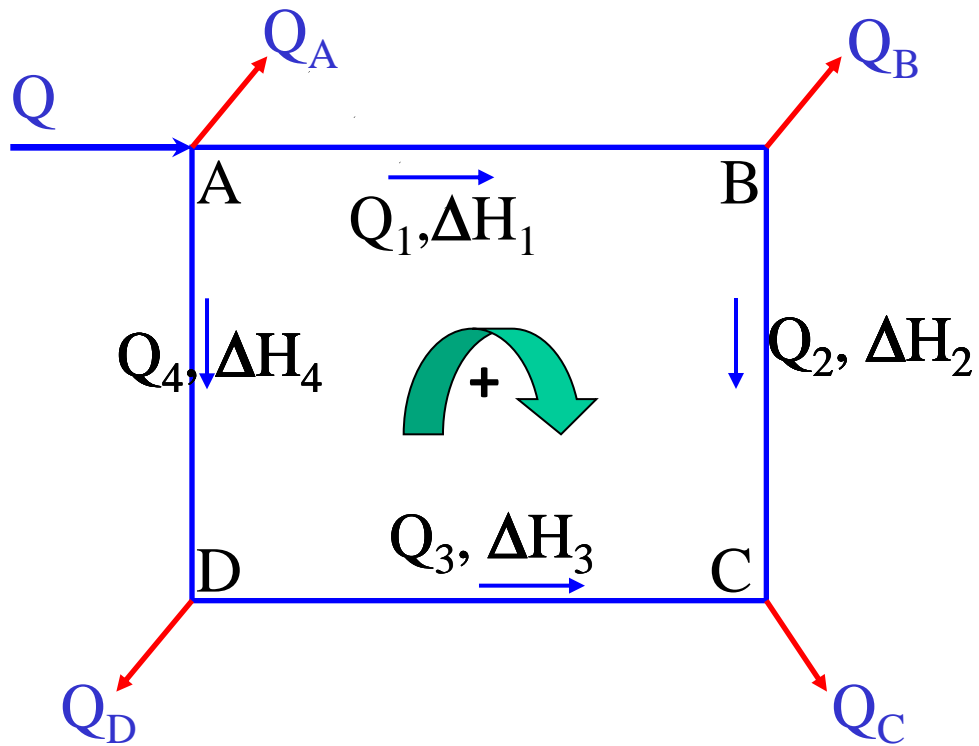


 : Registro
 : Rede ramificada

Rede ramificada que origina-se no ponto “A”, abastecendo o Setor A.

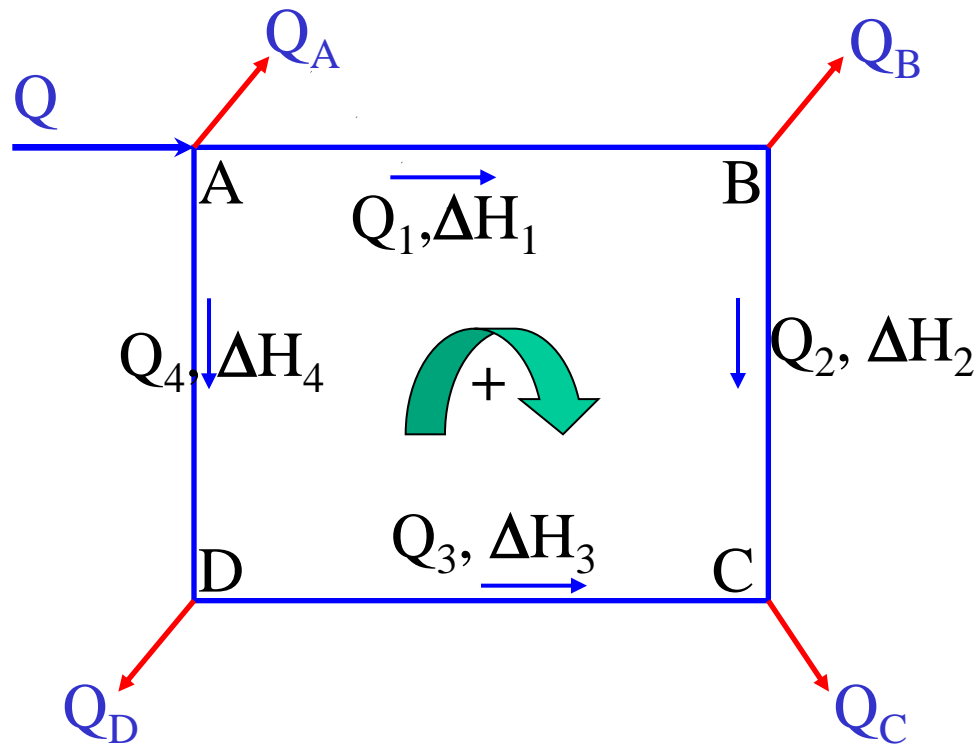


Nos quatro trechos do anel irão ocorrer vazões e perdas que variarão ao longo do tempo, conforme a demanda de cada um dos quatro setores.



Define-se um sentido de giro no anel como sendo positivo.

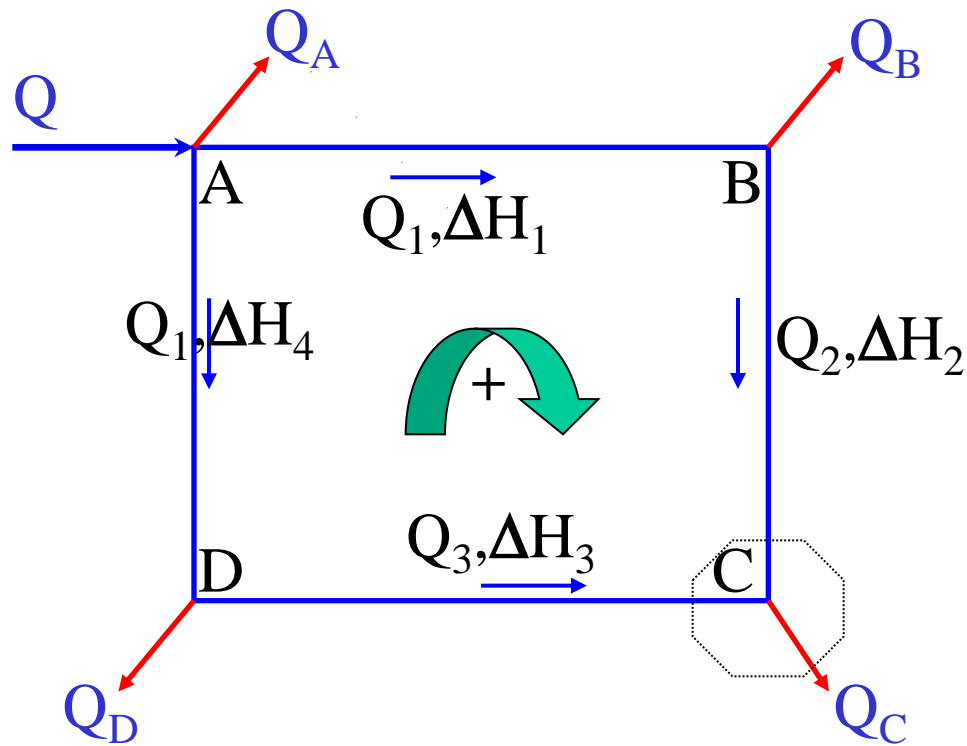
1ª Lei: Lei das malhas



$$\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 - \Delta H_4 = 0$$

$$\sum \Delta H_i = 0$$

2ª Lei - **Lei dos nós**: aplicando a eq. da continuidade a um dos nós, o nó C, por ex.



$$+Q_2 + Q_3 - Q_C = 0, \text{ ou, genericamente, } \sum Q_i = 0$$

A considerar-se as duas leis:

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 - \Delta H_4 = 0 \text{ (ou } \sum \Delta H_i = 0 \text{)}$$

$$+Q_2 + Q_3 - Q_C = 0 \text{ (ou } \sum Q_i = 0 \text{)}$$

As equações resumem os fundamentos hidráulicos do método, mas não bastam para a solução dos problemas de projetos, pois as incógnitas são as vazões e os diâmetros.

Para simplificar, considera-se que as vazões distribuídas **em marcha**, ao longo de cada trecho, localize-se no nó a jusante do trecho. A seqüência de etapas é a seguinte:

1 - Estabelecer inicialmente os valores conhecidos:

- vazão de alimentação: Q ;
- vazões de distribuição: Q_A , Q_B , Q_C , Q_D ;
- comprimento dos vários trechos (valores medidos, reais);
- cotas de níveis dos vários nós (valores medidos, reais);
- adotar um sentido positivo de percurso.

O comprimento dos trechos e as cotas dos nós são reconhecidos pelos softwares nas plantas digitais.

Pelo “bom senso” e experiência, a partir da observação das cotas dos nós e das vazões de alimentação e distribuição, admite-se uma vazão para cada trecho (Q_1 , Q_2 , Q_3 e Q_4), tendo o cuidado de satisfazer a Lei dos Nós.

2 - Com vazões (Q_1 , Q_2 , Q_3 e Q_4) fixadas, fazer uma primeira tentativa de atribuição de diâmetro a cada trecho, utilizando a Tabela de Velocidades e Vazões Máximas (**tabela 5.1**).

Tabela 5.1

D (mm)	V_{max} (m/s)	Q_{máx} (L/s)	D (mm)	V_{max} (m/s)	Q_{max} (L/s)
50	0,50	1,0	300	1,20	84,8
75	0,50	2,2	350	1,30	125,0
100	0,60	4,7	400	1,40	176,0
150	0,80	14,1	450	1,50	238,0
200	0,90	28,3	500	1,60	314,0
250	1,10	53,9	600	1,80	509,0

3 - A verificação do acerto da tentativa das vazões e diâmetros e o cálculo da correção a efetuar são feitos a partir da Lei das Malhas, como se indica:

Sendo
$$\Delta H_i = \frac{k_i \cdot L_i \cdot Q_i^2}{D_i^5}$$

e fazendo
$$\frac{k_i \cdot L_i}{D_i^5} = r_u$$
 na fórmula Universal acima,

obté-m-se (*obs: ru = cte*):

$$\Delta H_i = r_u \cdot Q_i^2$$

Utilizando para o cálculo da perda de carga a fórmula prática de Hazen-Williams, a expressão anterior ficaria:

$$\Delta H_i = J_i \cdot L_i = \frac{r_H}{W} \cdot Q_i^{1,85}$$

E de modo geral, qualquer que seja a fórmula usada:

$$\Delta H_i = r \cdot Q_i^n$$

Na Lei das Malhas, obtém-se:

$$\Sigma \Delta H_i = \Sigma (r \cdot Q_i^n) = C$$

Só por coincidência $C = 0$ na primeira tentativa, o que mostraria estarem corretas as vazões Q_i . Sendo via de regra $C \neq 0$, deve-se procurar a correção de vazões ΔQ para que resulte:

$$\dots\dots\dots \Sigma r(Q_i + \Delta Q)^n = 0$$

.....

No caso particular da fórmula de Hazen Williams:

$$\Delta Q = \frac{-\Sigma \Delta H_i}{1,85 \cdot \Sigma \frac{\Delta H_i}{Q_i}}$$

4 - A correção ΔQ em cada trecho é somada ou subtraída às vazões admitidas, quando o sentido de percurso indicado na malha for coincidente ou não com o do escoamento no trecho.

5 - Com as novas vazões obtidas, os cálculos são repetidos até que se chegue a uma correção ΔQ desprezível e, portanto, às vazões-solução.

6 - Conhecidas as vazões e calculadas as perdas de carga, obtém-se as **cotas piezométricas** dos nós. Caso estas acarretem pressões inadequadas, ou seja:

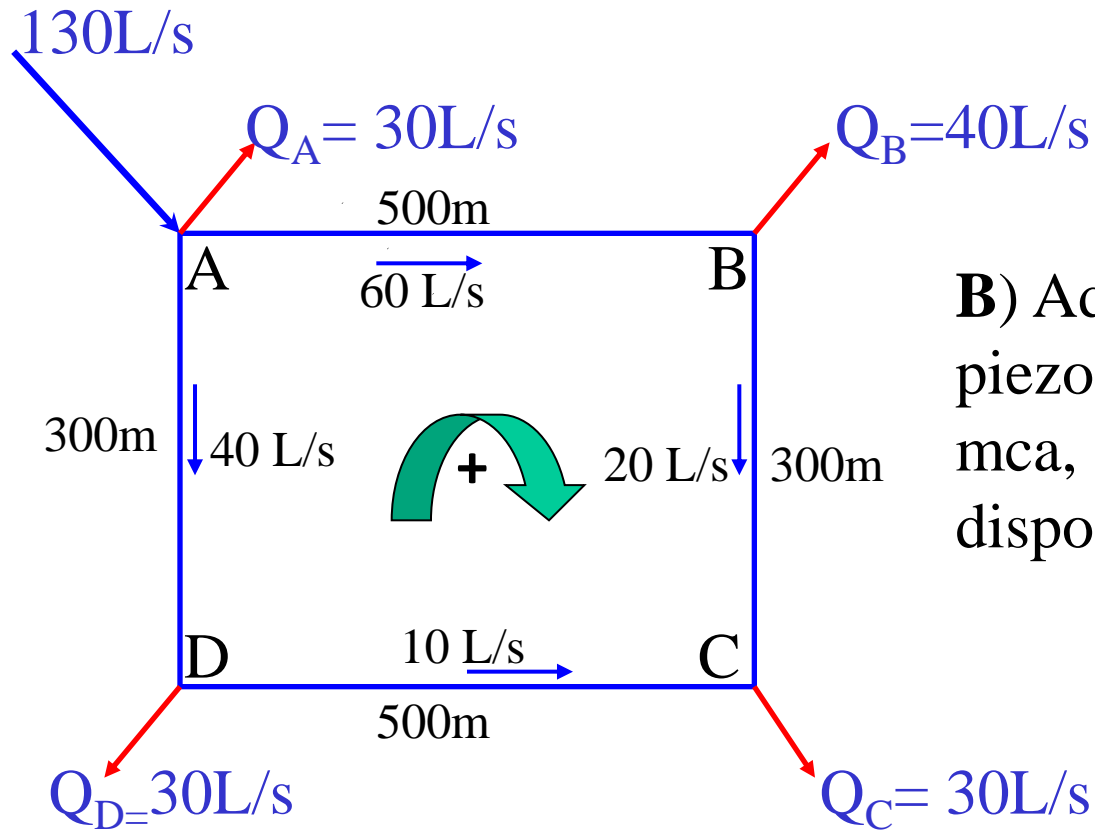
$P < P_{\text{mín}}$, ou

$P > P_{\text{máx}}$),

...é necessário um remanejamento dos condutos da rede, alterando os seus diâmetros ou a sua natureza, ou ainda alterando o nível do reservatório.

Exercício 1: Nós A,B,C,D na mesma cota.

A) Determine diâmetro e vazão nos 4 trechos.



B) Admitindo que a linha piezométrica em A tenha 50 mca, determinar as pressões disponíveis nos demais nós.

Define-se um sentido de giro no anel como sendo positivo.