

# **AULA 11**

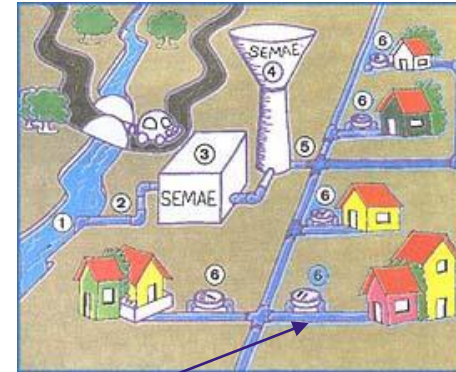
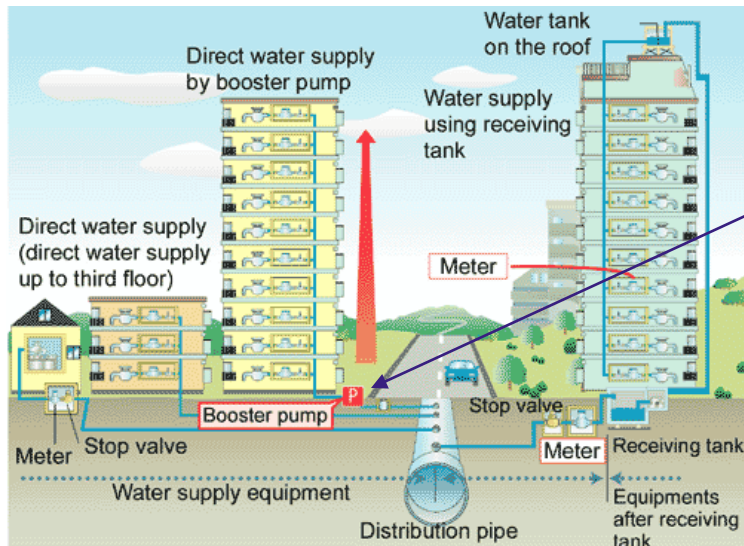
## **REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

- **Funções e tipos de redes de abastecimento.**
- **Topologia da rede.**
- **Formulação das condições de equilíbrio hidráulico: Equações dos troços e equações dos nós. Equações das malhas.**

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição de Água

**Rede de distribuição de água:** um sistema de tubagens e elementos acessórios instalados na via pública, em terrenos da entidade distribuidora ou em outros sob concessão especial, cuja utilização interessa ao serviço público de abastecimento de água potável.

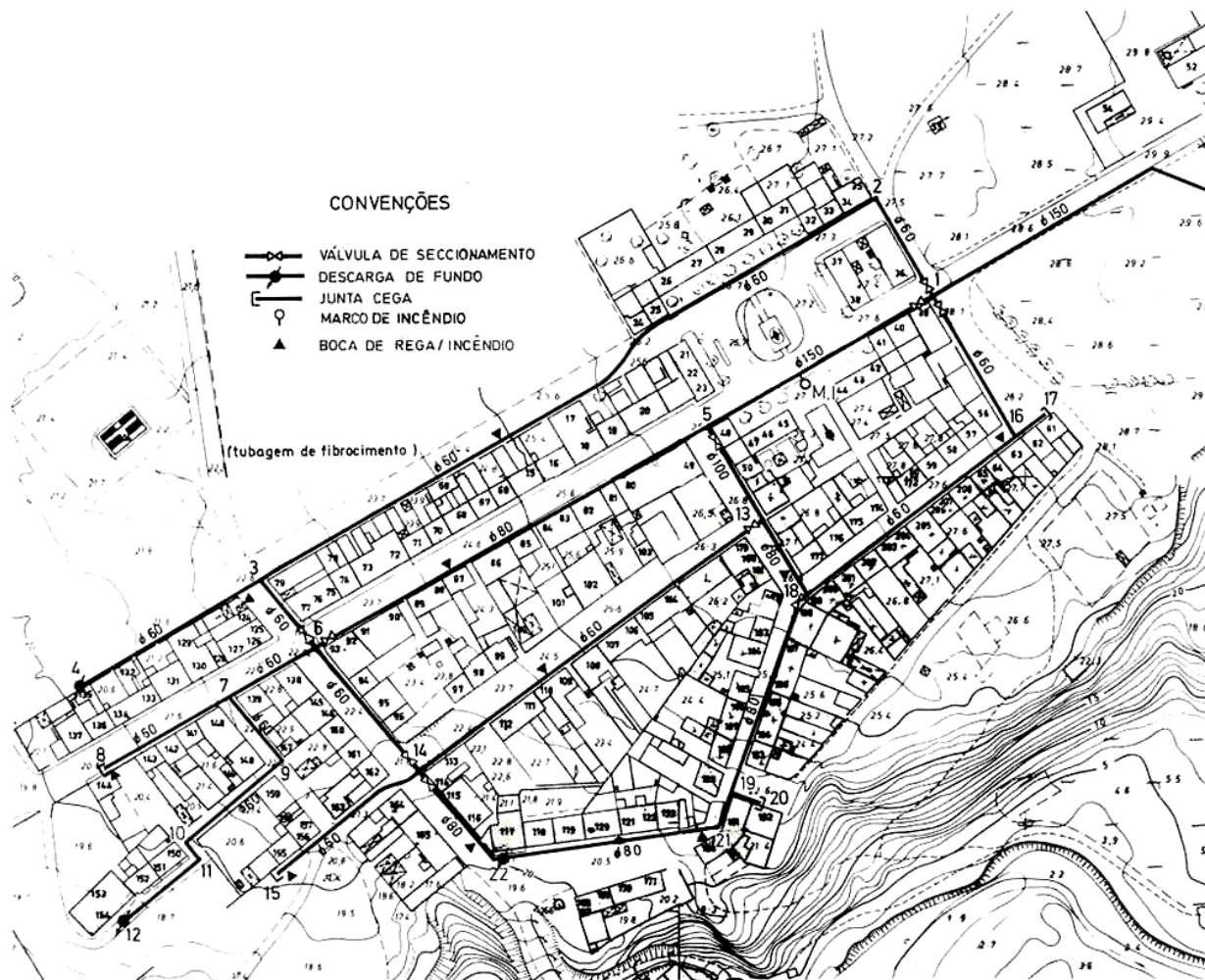


**Ramal domiciliário:** tubagem que assegura o abastecimento predial de água, desde a rede geral pública até ao limite da propriedade a servir.

A rede geral de distribuição alimenta, por meio de **ramais domiciliários**, os diversos edifícios ou instalações a servir.

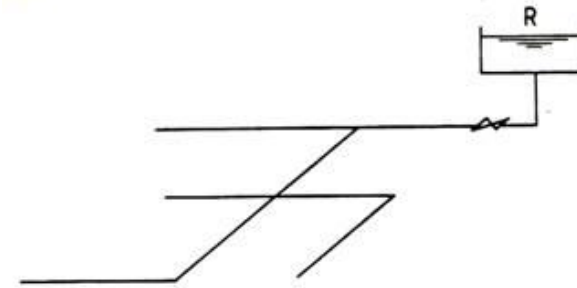
# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição de Água/ Traçado em Planta



### Redes Ramificadas

- só há um percurso possível entre o reservatório e qualquer ponto da rede



### Vantagens:

- requer menor número de acessórios;
- permite que se adotem os diâmetros económicos;
- dimensionamento hidráulico simples.

### Inconvenientes:

- acumulação de sedimentos nos pontos terminais;
- no caso de avaria todo o abastecimento é interrompido para jusante;
- pressão insuficiente no caso de aumento (ou variação) das solicitações de consumo.

### Redes Emalhadas (ou malhadas)

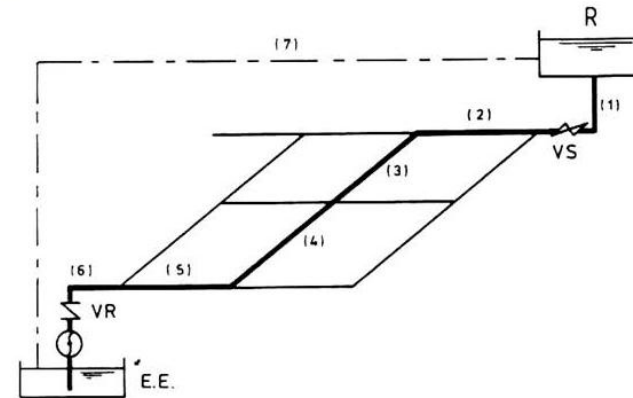
- as condutas fecham-se sobre si mesmas constituindo malhas (circuitos fechados);

#### Vantagens:

- permite escoamento bidireccional;
- no caso de avaria numa tubagem, não se interrompe o escoamento para jusante;
- efeitos pouco significativos, em termos de pressão, quando ocorrem grandes variações de consumos.

#### Inconvenientes:

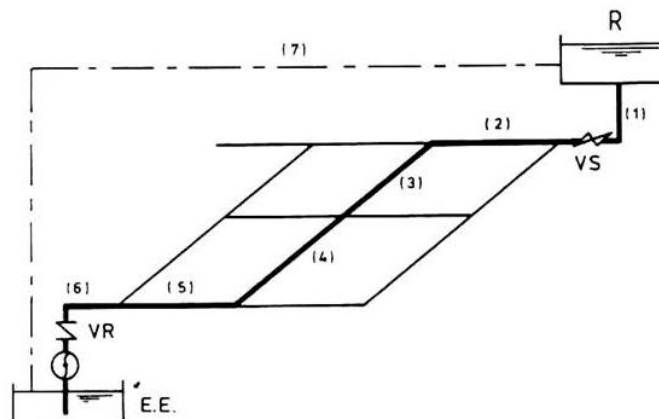
- exige uma maior quantidade de tubagens e acessórios;
- o cálculo hidráulico é mais complexo.



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Topologia

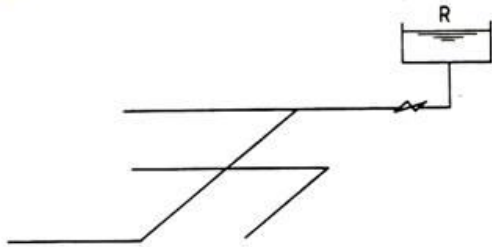
- Reservatório** : ponto de alimentação ou de consumo pontual que se caracteriza por condicionar as cotas piezométricas na rede de distribuição;
- Nó** : ponto de alimentação ou de consumo pontual, ou de ligação de dois ou mais trechos;
- Trecho** : segmento de conduta que ligam dois ou mais nós (de cota piezométrica fixa ou condicionada) e que se caracteriza por ter um caudal constante ou uniformemente distribuído;
- Malha** : conjunto de trechos que forma um circuito fechado.



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Classificação

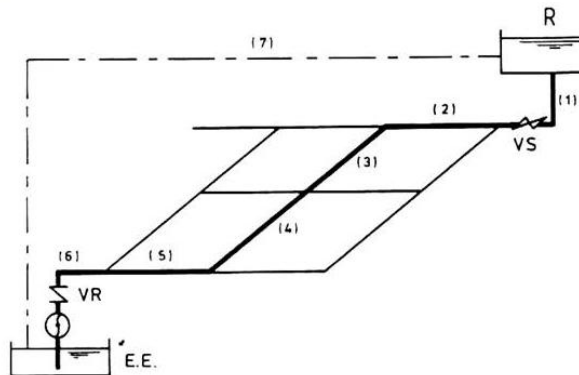
### Redes Ramificadas



$$T = 8 + 1 - 1 = 8$$

Trechos (T).....	= 8
Nós de junção (N) .....	= 8
Reservatórios (F).....	= 1
Malhas naturais (M) .....	= 0
Malhas imaginárias.....	= 0

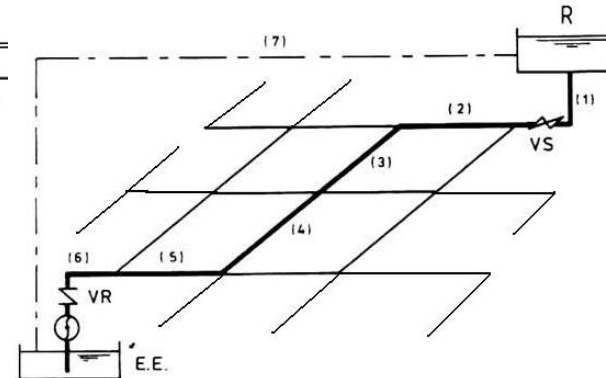
### Redes Emalçadas



$$T = 10 + 4 + 2 - 1 = 15$$

Trechos (T).....	= 15
Nós de junção (N) .....	= 10
Reservatórios (F).....	= 2
Malhas naturais (M) .....	= 4
Malhas imaginárias.....	= 1

### Redes Mistas



$$T = 21 + 4 + 2 - 1 = 26$$

Trechos (T).....	= 26
Nós de junção (N) .....	= 21
Reservatórios (F).....	= 2
Malhas naturais (M) .....	= 4
Malhas imaginárias.....	= 1

$$T = M + N + F - 1$$

### *Equações dos Troços*

Os caudais em cada troço são as incógnitas

*(T incógnitas)*

### *Equações dos Nós*

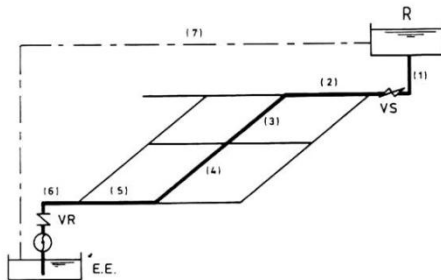
As cotas piezométricas em cada nó são as incógnitas

*(N incógnitas)*

### *Equações das Malhas*

As correcções de caudal em cada malha são as incógnitas

*(M+F-1 incógnitas)*



$$T = M + N + F - 1$$



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Formulação do Equilíbrio Hidráulico

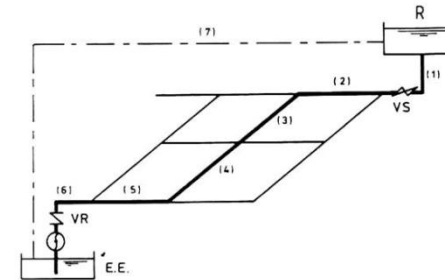
### Equações dos Troços

#### Equação da continuidade em cada nó (lei dos nós)

$$\sum_{i=1}^{NC} Q_{ij} = C_j$$

ou

$$\left( \sum Q_{ij} \right)_{conv} - \left( \sum Q_{ij} \right)_{div} = C_j \quad \begin{cases} C_j > 0 & \text{Saída de caudal} \\ C_j < 0 & \text{Entrada de caudal} \end{cases}$$



**N equações lineares da continuidade**

#### Equação da conservação da energia (lei das malhas)

$$\sum_{i=1}^{NT_1} \Delta H_i = 0 \quad \sum_{i=1}^{NT_1} \Delta C_i Q_i^n = 0 \quad \text{Malha 1}$$

...

$$\sum_{i=1}^{NT_M} \Delta H_i = 0 \quad \sum_{i=1}^{NT_M} \Delta C_i Q_i^n = 0 \quad \text{Malha M}$$

...

$$\sum_{i=1}^{NT_{(M+F-1)}} \Delta H_i = \Delta Z \quad \sum_{i=1}^{NT_{(M+F-1)}} \Delta C_i Q_i^n = \Delta Z \quad \text{Malha (M+F-1)}$$

**M+F-1 equações não lineares da conservação da energia**

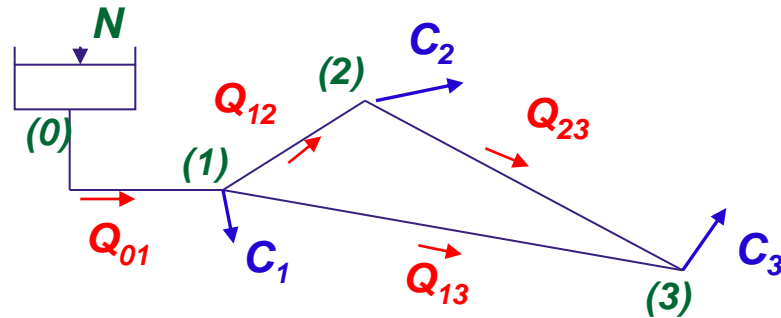
$$T = M + N + F - 1$$

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Formulação do Equilíbrio Hidráulico

### Equações dos Troços - Exemplo

Os caudais em cada troço são as incógnitas (neste caso, **4 incógnitas**)



$$Q_{01} - Q_{12} - Q_{13} + 0 = C_1$$

$$0 + Q_{12} + 0 - Q_{23} = C_2$$

$$0 + 0 + Q_{13} + Q_{23} = C_3$$

$$0 + K_{12} (Q_{12})^n - K_{13} (Q_{13})^n + K_{23} (Q_{23})^n = 0$$

**3 equações lineares da continuidade lineares**

**1 equação não linear da conservação da energia**

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Formulação do Equilíbrio Hidráulico

### Equações dos Nós

Equação da continuidade em cada nó (*lei dos nós*)

$$\left(\sum Q_{ij}\right)_{conv} - \left(\sum Q_{ij}\right)_{div} = C_j$$

Para a fórmula de Manning tem-se:

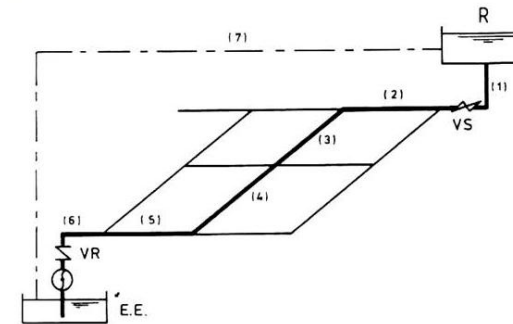
$$Q_{ij} = K_{ij} \times S_{ij} \times R_{ij}^{2/3} \times J_{ij}^{1/2} = K_{ij} \times S_{ij} \times R_{ij}^{2/3} \left( \frac{H_i - H_j}{L_{ij}} \right)^{1/2}$$

$$Q_{ij} = \left( \frac{H_i - H_j}{C_{ij}} \right)^{1/2}$$

Substituindo nas equações da continuidade tem-se:

$$\left[ \sum \left( \frac{H_i - H_j}{C_{ij}} \right)^{1/n} \right]_{conv} - \left[ \sum \left( \frac{H_i - H_j}{C_{ij}} \right)^{1/n} \right]_{div} = C_j$$

**N equações não lineares**



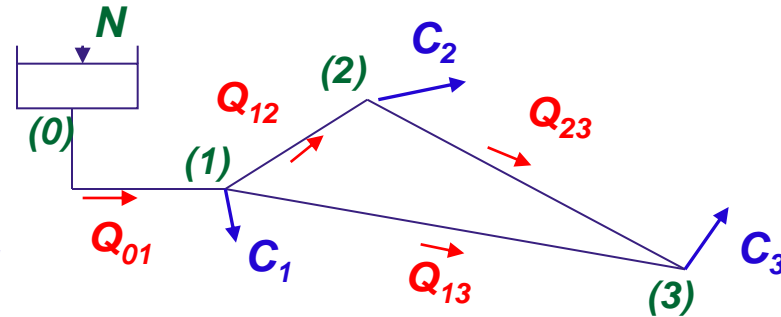
# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Formulação do Equilíbrio Hidráulico

### Equações dos Nós - Exemplo

As cotas piezométricas em cada nó são as incógnitas (**3 incógnitas**)

$$\begin{array}{ccccccc} Q_{01} & - & Q_{12} & - & Q_{13} & + & 0 & = & C_1 \\ 0 & + & Q_{12} & + & 0 & - & Q_{23} & = & C_2 \\ 0 & + & 0 & + & Q_{13} & + & Q_{23} & = & C_3 \end{array}$$



$$\left( \frac{N - H_1}{C_{01}} \right)^{1/n} - \left( \frac{H_1 - H_2}{C_{12}} \right)^{1/n} - \left( \frac{H_1 - H_3}{C_{13}} \right)^{1/n} = C_1$$

$$\left( \frac{H_1 - H_2}{C_{12}} \right)^{1/n} - \left( \frac{H_2 - H_3}{C_{23}} \right)^{1/n} = C_2$$

$$\left( \frac{H_1 - H_3}{C_{13}} \right)^{1/n} + \left( \frac{H_2 - H_3}{C_{23}} \right)^{1/n} = C_3$$

**3 equações da  
continuidade não lineares**

### Equações das Malhas

Considera-se que  $Q_{oi}$  são os caudais arbitrados, de forma a obedecer às **equações da continuidade**, nos diferentes trechos da rede ( $i=1,2,\dots,T$ ), em que  $T$  é o número de trechos.

$$\sum_{i=1}^{NT_1} C_i \left( Q_{oi} + \sum_{j=1}^M \Delta Q_j \right)^n = 0$$

Malha 1

...

...

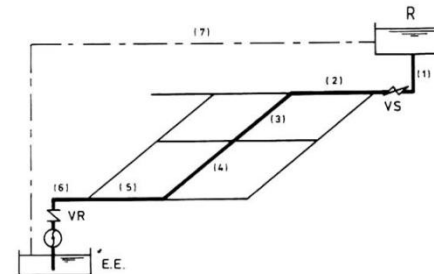
$$\sum_{i=1}^{NT_M} C_i \left( Q_{oi} + \sum_{j=1}^M \Delta Q_j \right)^n = 0$$

Malha M

...

...

$$\sum_{i=1}^{NT_{(M+F-1)}} C_i \left( Q_{oi} + \sum_{j=1}^M \Delta Q_j \right)^n = \Delta Z_{F-1} \quad \text{Malha (M+F-1)}$$



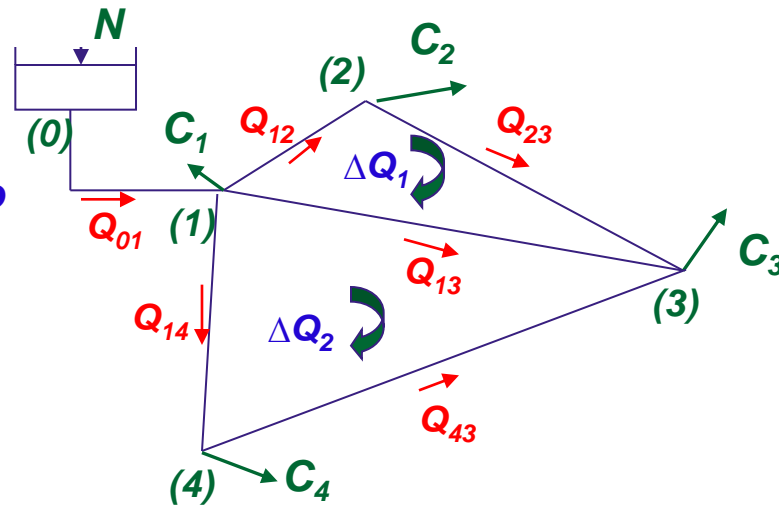
**M+F-1 equações não lineares**

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Formulação do Equilíbrio Hidráulico

### Equações das Malhas - Exemplo

As correcções de caudal cada malha são as incógnitas ( $M + F - 1$  incógnitas)



$$K_{12}(Q_{012} + \Delta Q_1)^n + K_{23}(Q_{023} + \Delta Q_1)^n + K_{13}(-Q_{013} + \Delta Q_1 - \Delta Q_2)^n = 0$$

$$K_{13}(Q_{013} + \Delta Q_2 - \Delta Q_1)^n + K_{43}(-Q_{043} + \Delta Q_2)^n + K_{14}(-Q_{014} + \Delta Q_2)^n = 0$$

**2 equações não lineares**

## **AULA 12**

### **REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

- **Apresentação do EPANET: instalação e tutorial (inserção de dados no EPANET).**
- **Traçado em Planta.**
- **Procedimentos de conversão de ficheiros DXF para ficheiros INP (Utilização do DXF2EPA).**

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Dimensionamento Hidráulico / EPANET 2.0



### ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

É um programa de computador que permite executar *simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água de sistemas de distribuição em pressão.*

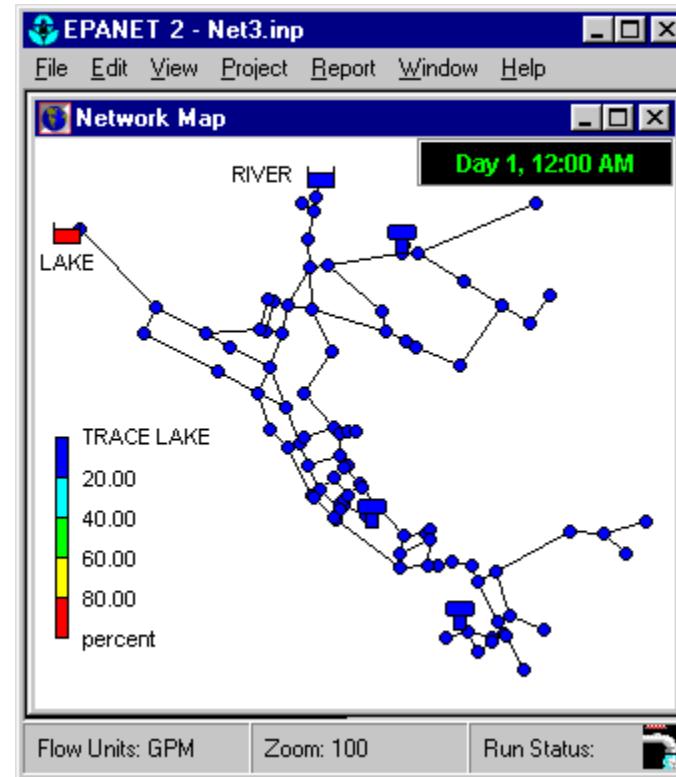
#### **Permite obter:**

- *caudal em cada tubagem;*
- *pressão em cada nó;*
- *altura em cada reservatório de nível variável;*
- *concentração de substâncias na rede;*
- *idade da água;*
- *rastreio da origem da água.*

#### Links:

EPA: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/wswrd/epanet.html#Description>

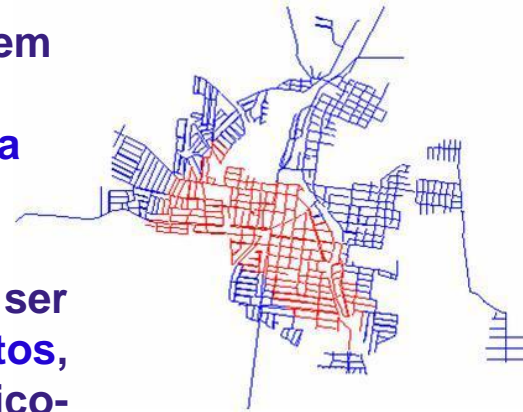
LNEC: <http://www.dha.lnec.pt/nes/epanet/#Downloads>





### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 24º*

- 1 - A implantação das condutas da rede de distribuição em arruamentos deve fazer-se em articulação com as restantes infra-estruturas e, sempre que possível, fora das faixas de rodagem;
- 2- As condutas da rede de distribuição devem ser implantadas em ambos os lados dos arruamentos, podendo reduzir-se a um quando as condições técnico-económicas o aconselhem, e **nunca a uma distância inferior a 0,80 m dos limites das propriedades;**
- 3 - A implantação das condutas deve ser feita **num plano superior ao dos colectores de águas residuais e a uma distância não inferior a 1 m**, de forma a garantir protecção eficaz contra possível contaminação, devendo ser adoptadas protecções especiais em caso de impossibilidade daquela disposição.



### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 25º*

- 1 - A **profundidade de assentamento das condutas não deve ser inferior a 0,80 m**, medida entre a geratriz exterior superior da conduta e o nível do pavimento;
- 2 - Pode aceitar-se um valor inferior ao indicado desde que se protejam convenientemente as condutas para resistir a sobrecargas ou a temperaturas extremas;
- 3 - Em situações excepcionais, admitem-se condutas exteriores ao pavimento desde que sejam convenientemente protegidas mecânica, térmica e sanitariamente.

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Cadastro

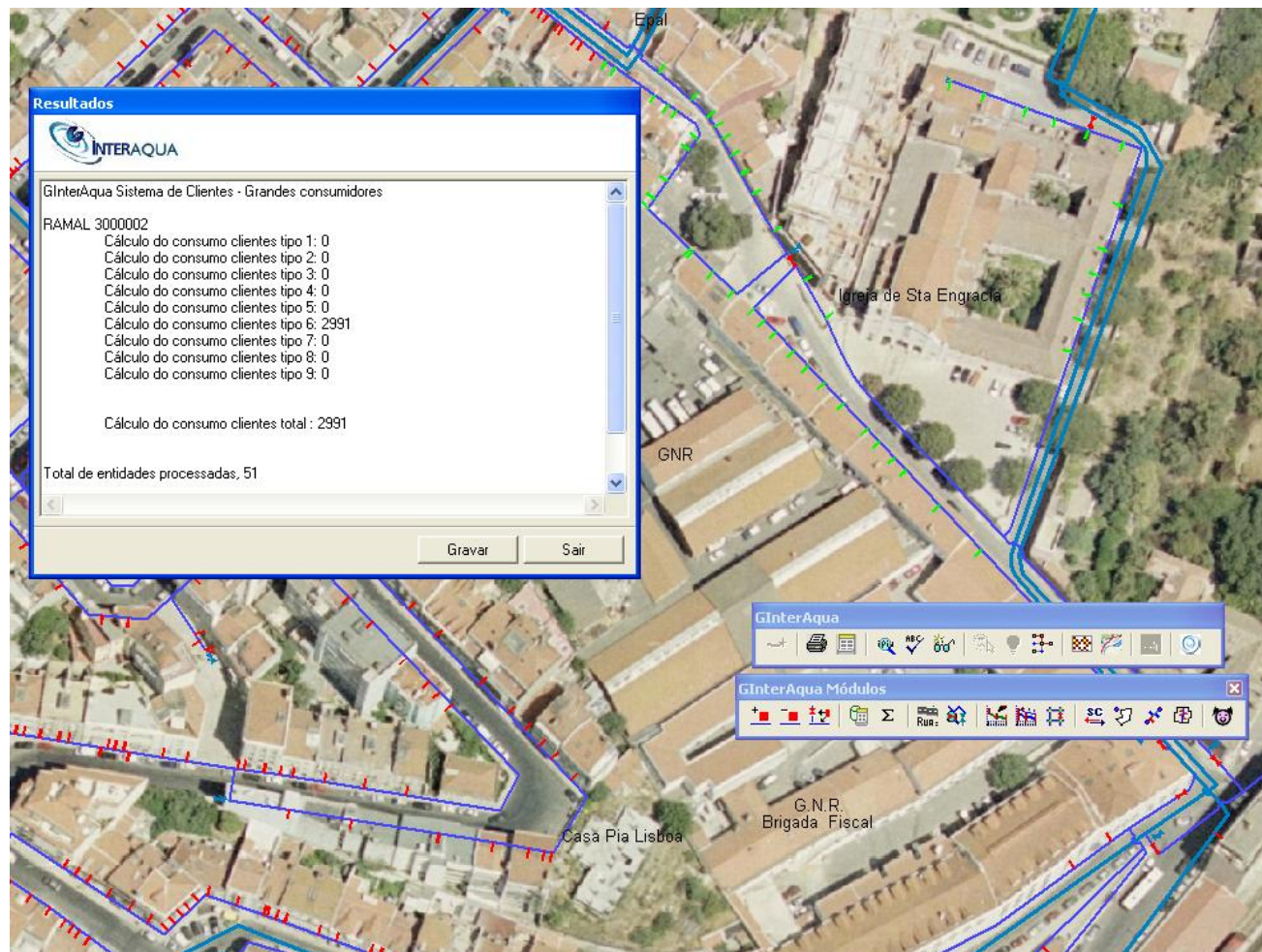
### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 9º*

- 1 - Na elaboração de estudos de sistemas de distribuição de água deve ter-se em consideração os elementos constantes dos respectivos cadastros.
- 2 - Os cadastros devem estar permanentemente actualizados e conter, no mínimo:
  - a) A **localização em planta das condutas, acessórios e instalações complementares**, sobre carta topográfica a escala compreendida entre 1:500 e 1:2 000, com implantação de todas as edificações e pontos importantes;
  - b) As **secções, profundidades, materiais e tipos de junta das condutas**;
  - c) A natureza do terreno e condições de assentamento;
  - d) O estado de conservação das condutas e acessórios;
  - e) A **ficha individual para os ramais de ligação e outras instalações do sistema**.
- 3 - Os cadastros podem existir sob a forma gráfica tradicional ou informatizados.



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Sistemas de Informação Geográfica



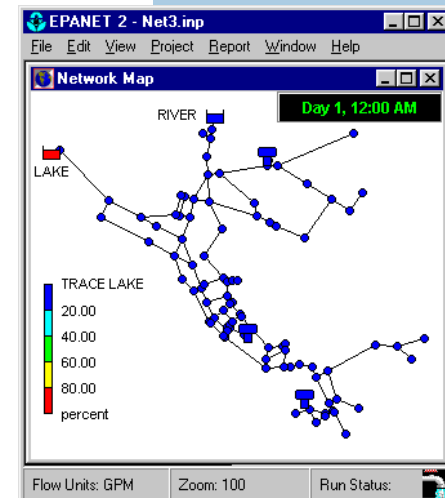
# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Introdução do Traçado em Planta e topologia da rede no EPANET

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

O EPANET permite várias formas de introdução de dados, nomeadamente:

1. A introdução de uma rede esquemática no próprio EPANET (seguir manual do EPANET);
2. A introdução de uma rede desenhada no próprio EPANET (seguir manual do EPANET) utilizando como imagem de fundo um ficheiro do tipo *metafile* (seguir capítulo 7 do manual EPANET);
3. Introduzir um ficheiro de Autocad com lines (e polylines) à escala adequada e transformá-lo com o utilitário **DXF2EPA** num ficheiro tipo \*.INP (ficheiro ASCII lido pelo EPANET);
4. Introduzir um ficheiro de Excel com o formato dos ficheiros \*.INP e exportá-lo para um ficheiro TXT com a extensão \*.INP.

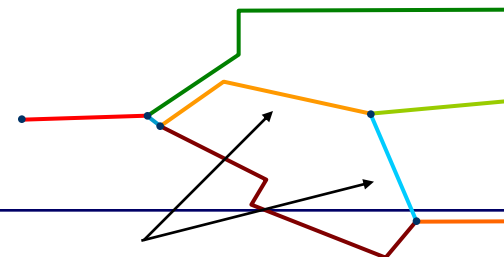


# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Traçado em Planta no Autocad e importações para EPANET

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

- Geração de dados no EPANET a partir do CAD
  - Software **DXF2EPA** (disponível na web) permite a conversão de desenhos de CAD gravados em formato .dxf em formato .net (ficheiro ASCII lido pelo EPANET).
  - Só é possível converter o traçado em termos de **condutas e nós**; os outros elementos têm de ser introduzidos usando o EPANET.
  - É necessário ter alguns **cuidados** no traçado do sistema em CAD e na utilização do **DXF2EPA**, nomeadamente a utilização de alguns dos **Regional Settings** dos EUA:
    - No **Control Panel > Regional Settings** usar;
      - o ponto “.” como separador decimal;
      - a vírgula “,” como “*digit grouping symbol*”;
      - a vírgula “,” como “*list separator*”;
    - no traçado da rede em CAD cada trecho tem que ser uma **polyline** diferente.

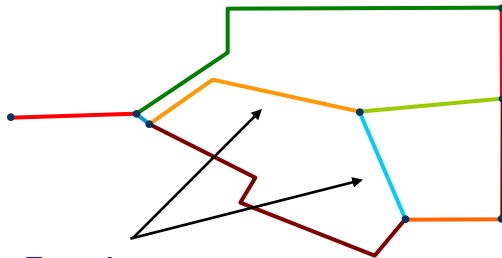


Traçado correcto  
(*polylines* diferentes para cada trecho)

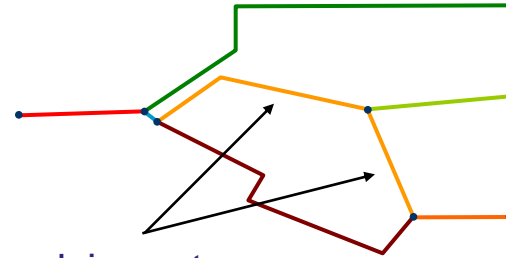


### Passos Recomendados para o traçado em CAD:

1. Verificar se está a trabalhar na escala certa;
2. Desenhar a rede em autocad com a escala certa usando polylines;
3. Garantir, no traçado da rede, que dois nós consecutivos estão interligados por uma *polyline* e que a trechos diferentes correspondem *polylines* diferentes;



Traçado correcto  
(polylines diferentes para trechos diferentes)



Traçado incorrecto  
(a mesma polyline para dois trechos diferentes)

4. Garantir que as camadas (*layers*) seleccionadas para o traçado da rede não incluem outro tipo de informação.

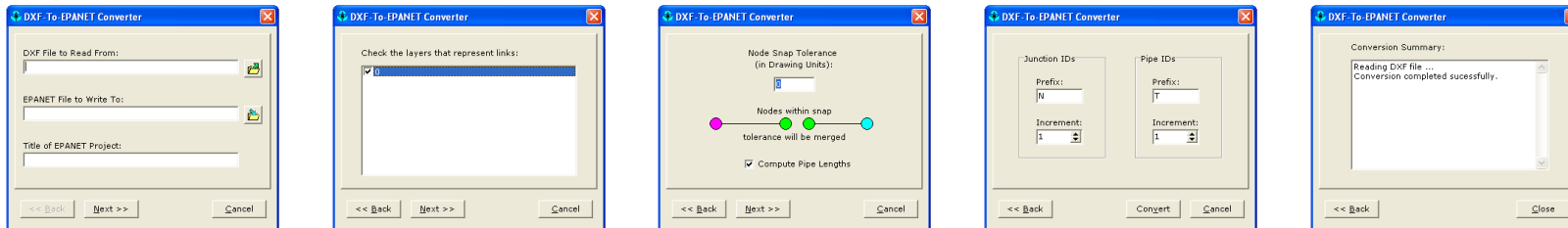
# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Traçado em Planta no Autocad e importações para EPANET

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

3. Exportar o ficheiro de Autocad para um ficheiro \*.DXF no formato AUTOCAD R12;
4. Exportar o ficheiro DXF para ficheiro de extensão NET, a utilizar no EPANET.

Utilização do software **DXF2EPA**.





# **AULA 13**

## **REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

- **Imputação de consumos.**
- **CrITÉrios de dimensionamento de redes de distribuição de água.**
- **Diâmetros mínimos. Verificação ao Incêndio.**

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Consumos e Caudais de Projecto

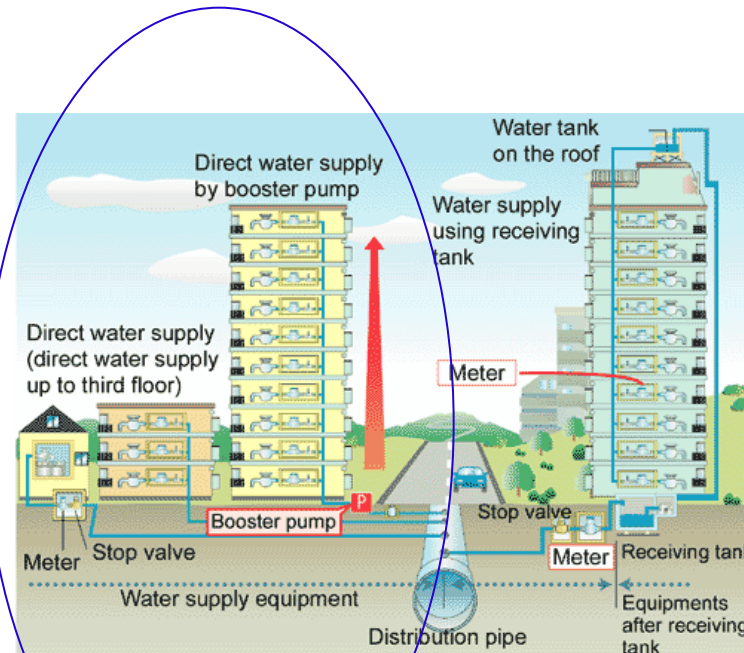
A rede de distribuição é dimensionada para o *caudal de ponta instantâneo* ( $Q_p$ ):

$$Q_p = f_p \times Q_m \quad [L^3/T^{-1}]$$

em que

$$f_p = 2 + \frac{70}{\sqrt{Pop}}$$

População	$F_p$
500	5,13
1.000	4,21
2.000	3,57
5.000	2,99
10.000	2,70
50.000	2,31
100.000	2,22
500.000	2,10



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Afectação dos Consumos a Nós de Cálculo

Para a distribuição dos caudais consumidos pela rede, deve atender-se aos:

- **consumos domésticos;**
- **consumos comerciais;**
- **consumos industriais.** *(só se forem importantes)*

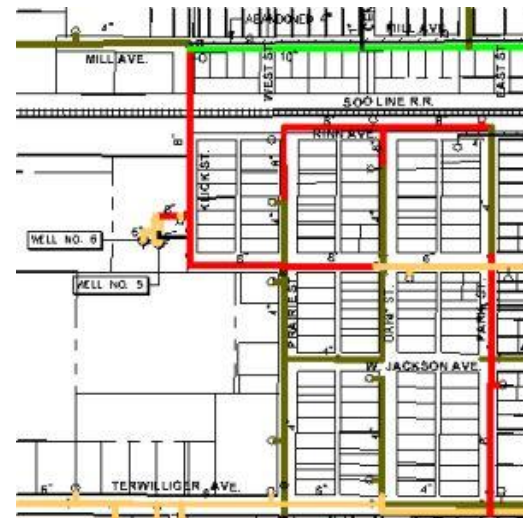
A distribuição dos **consumos domésticos** pode ser efectuada:

### áreas consumidoras

- imputando a cada nó a população correspondente à sua área de influência, tendo em conta a densidade de população nas diferentes áreas;

### comprimentos fictícios

- utilizando o conceito de consumo de percurso e considerando que o **consumo do trecho é directamente proporcional ao comprimento fictício desse trecho** (quanto maior o consumo do trecho maior o comprimento fictício do trecho).



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Afectação dos Consumos a Nós de Cálculo

O **comprimento fictício** que é obtido da seguinte forma:

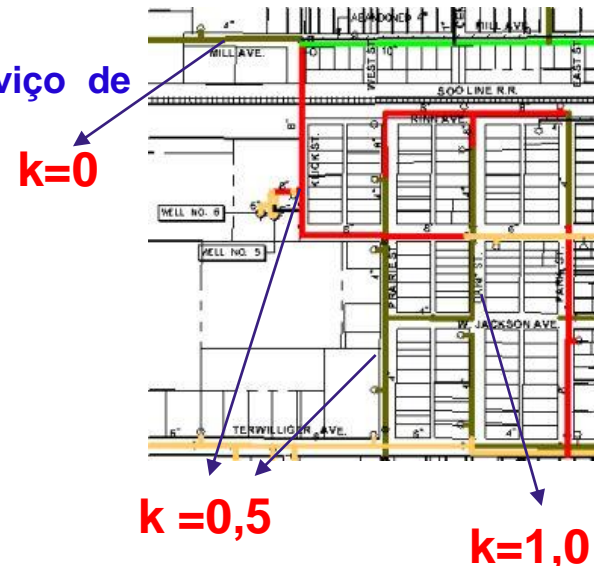
- o comprimento fictício é igual ao comprimento real do troço vezes o número de pisos ( $L_f = L \times M$ ), nas condutas com serviço de percurso de ambos os lados ( **$k=1$** );
- o comprimento fictício é metade do comprimento real do troço vezes o número de pisos ( $L_f = 0,5 L \times M$ ), nas condutas com serviço de percurso dum só lado ( **$k=0,5$** );
- o comprimento fictício é nulo para condutas sem serviço de percurso ( $L_f = 0$ ). ( **$k=0$** ).

A partir da definição dos comprimentos fictícios dos troços, é possível determinar o caudal de percurso unitário ( $Q_{up}$ ),

$$Q_{up} = \frac{Q_{total}}{\sum Lf_i}$$

sendo:

- $Q_{up}$  - caudal de percurso unitário [L/(s.m)]
- $Q_{total}$  - caudal de ponta instantâneo total a distribuir pelos trechos (L/s)
- $Lf_i$  - comprimento fictício no troço de tubagem  $i$  (m)
- $i$  - número do trecho de tubagem na rede de distribuição (-)



$$Q_{up} = \frac{Q_{total}}{\sum Lf_i}$$

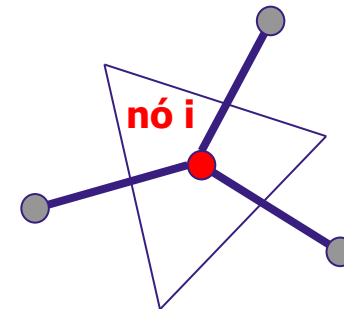
Caudal consumido em cada trecho de tubagem  $i$ :

$$Q_i = Q_{up} \cdot Lf_i$$

Para imputar o caudal aos **nós** poder-se-á concentrar, por exemplo:

- 1/2 do consumo do trecho no **nó de montante**;
- 1/2 do consumo do trecho no **nó de jusante**.

$$\sum Q_i = \sum Q_{up} Lf_i = Q_{total}$$





INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Afectação dos Consumos a Nós de Cálculo

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

- Determinar os comprimentos fictícios de cada troço, o Caudal unitário de percurso  $Q_{up}$ , o Caudal consumido em cada trecho  $Q_{trechoij}$ ;
- Imputar o caudal médio consumido em cada trecho aos nós de montante e de jusante pode ser efectuado recorrendo a uma matriz ( $N^{\circ}$  trechos x  $N^{\circ}$  Nós) em Excel do tipo da indicada de seguida;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Trecho						Q Nó							
2	Nó inicial i	Nó Final j	Lreal ij (m)	K ij	Lfict (m)	Qtrecho ij (L/s)	1	2	3	4	5	6	7	QTotal Trecho
3	1	2	100	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	2	3	200	0,50	100	7,14	0,00	3,57	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	7,14
5	3	4	100	1,00	100	7,14	0,00	0,00	3,57	3,57	0,00	0,00	0,00	7,14
6	4	5	100	0,75	75	5,36	0,00	0,00	0,00	2,68	2,68	0,00	0,00	5,36
7	4	6	1000	0,50	500	35,71	0,00	0,00	0,00	17,86	0,00	17,86	0,00	35,71
8	5	6	500	0,25	125	8,93	0,00	0,00	0,00	0,00	4,46	4,46	0,00	8,93
9	6	7	500	1,00	500	35,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,86	17,86	35,71
10				Total =	1400	100,00	0,00	3,57	7,14	24,11	7,14	40,18	17,86	100,00
11														
12				Qttotal =	100,00	L/s								
13				Qup =	0,071	L/s/m fict.								
14														
15														

**=IF(OR(\$A4=H\$2;\$B4=H\$2);\$F4/2;0)**

**=+D12/E10**

7. O dimensionamento da rede é terá que ser efectuado para o caudal de ponta instantâneo mas no EPANET é mais fácil e flexível considerar que o caudal imputado a cada nó é o caudal médio. Para simular o caudal de ponta o EPANET permite a aplicação de um factor ( factor de ponta instantâneo) que afecta os caudais imputados a cada nó.

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 21º / Critérios de velocidade*

1 -No dimensionamento hidráulico deve ter-se em conta a minimização dos custos, que deve ser conseguida através de uma combinação criteriosa de diâmetros, observando-se as seguintes regras:

a) A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no horizonte de projecto não deve exceder o valor calculado pela expressão:

$$V = 0,127 D^{0,4}$$

onde V é a velocidade limite (m/s) e D o diâmetro interno da tubagem (mm);

b) A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no ano de início de exploração do sistema não deve ser inferior a 0,30 m/s e nas condutas onde não seja possível verificar este limite devem prever-se dispositivos adequados para descarga periódica;



### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 21º / Critérios de pressões*

- c) A **pressão máxima, estática ou de serviço**, em qualquer ponto de utilização **não deve ultrapassar os 600 kPa** medida ao nível do solo;
- d) Não é aceitável grande flutuação de pressões em cada nó do sistema, impondo-se uma variação máxima ao longo do dia de 300 kPa;
- e) A **pressão de serviço** em qualquer dispositivo de utilização predial **para o caudal de ponta não deve ser, em regra, inferior a 100 kPa** o que, na rede pública e ao nível do arruamento, corresponde aproximadamente a:

$$H = 100 + 40 n$$

onde **H** é a pressão mínima (kPa) e **n** o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo; em casos especiais, é aceitável uma redução daquela pressão mínima, a definir, caso a caso, em função das características do equipamento.

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 23º / Diâmetros mínimos*

- 1 - Os **diâmetros nominais mínimos** das condutas de distribuição são os seguintes:
  - a) 60 mm em aglomerados com menos de 20 000 habitantes;
  - b) 80 mm em aglomerados com mais de 20 000 habitantes.
- 2 - Quando o serviço de combate a incêndios tenha de ser assegurado pela mesma rede pública, os **diâmetros nominais mínimos** das condutas são em função do risco da zona e devem ser:
  - a) 80 mm - grau 1;
  - b) 90 mm - grau 2;
  - c) 100 mm - grau 3;
  - d) 125 mm - grau 4;
  - e)  $\geq 150$  mm - grau 5.

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Dimensionamento Hidráulico

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 22º / Situações de incêndio*

Nas **situações de incêndio**:

- não é exigível qualquer limitação de velocidades nas condutas e
- **admitem-se alturas piezométricas inferiores a 100 kPa.**

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 18º / Volumes de água incêndio*



2 - O caudal instantâneo a garantir para combate a incêndios, em função do grau de risco, é de:

- a) 15 L/s - grau 1;
- b) 22,5 L/s - grau 2;
- c) 30 L/s - grau 3;
- d) 45 L/s - grau 4;
- e) a definir... - grau 5.



## **AULA 14**

### **REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

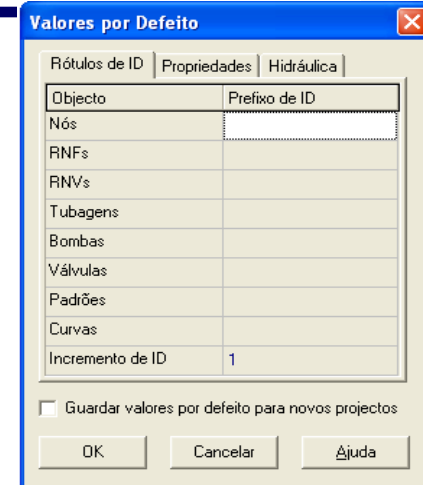
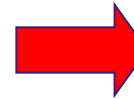
- **Procedimento de cálculo.**
- **Procedimentos para a construção do modelo.**

# Construção do Modelo

## EPANET – configurações iniciais

### Alternativa 1: Traçado em CAD e importação para EPANET

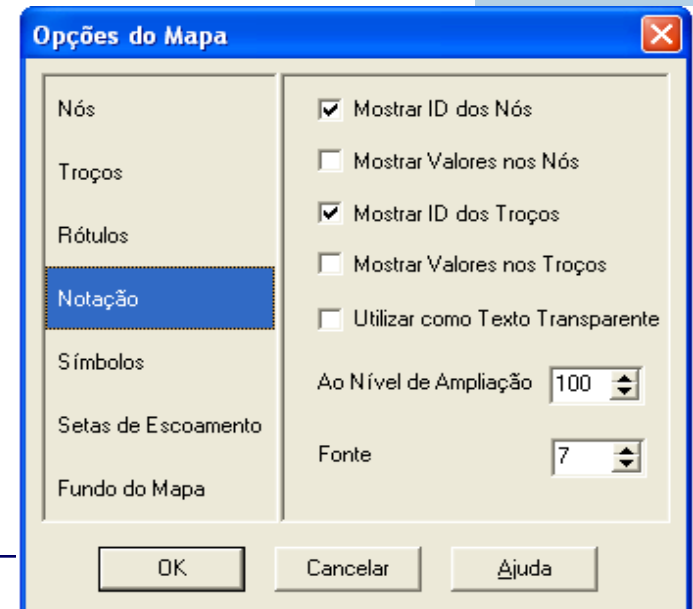
- Abertura do Ficheiro .NET criado a partir do DXF
  - Ficheiro → Importar → rede → “Nome.net”
- Configuração do projecto
  - Hidráulica
    - unidades de caudal (l/s)
    - Formula de perda de carga (H-W)
    - Factor de consumo =  $fp_{40} * fperdas$
- Visualização dos rótulos e símbolos
  - Ver → Opções...
  - (verificar todos os valores por defeito)
  - Notação: Mostrar ID dos nós e troços
  - Símbolos



Objecto	Prefixo de ID
Nós	
RNFs	
RNVs	
Tubagens	
Bombas	
Válvulas	
Padrões	
Curvas	
Incremento de ID	1

☐ Guardar valores por defeito para novos projectos

OK Cancelar Ajuda



Mostrar ID dos Nós ☒

Mostrar Valores nos Nós ☐

Mostrar ID dos Troços ☒

Mostrar Valores nos Troços ☐

Utilizar como Texto Transparente ☐

Ao Nível de Ampliação 100

Fonte 7

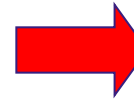
OK Cancelar Ajuda

# Construção do Modelo

## EPANET – configurações iniciais

### Alternativa 2: Traçado directo no EPANET

- Criação de um novo projecto
  - Ficheiro → Novo
- Configuração do projecto
  - Projecto → Valores por defeito
  - Rótulos do elementos
  - Propriedades:
    - Diâmetros e rugosidade das tubagens
  - Hidráulica
    - unidades de caudal (l/s)
    - Formula de perda de carga
    - Factor de consumo ( $fp_{40} * fperdas$ )
- Vizualização dos rótulos e símbolos
  - Ver → Opções...  
(verificar todos os valores por defeito)
    - Notação: Mostrar ID dos nós e troços
    - Símbolos



**Valores por Defeito**

Rótulos de ID | Propriedades | Hidráulica

Objecto	Prefixo de ID
Nós	
RNFs	
RNVs	
Tubagens	
Bombas	
Válvulas	
Padrões	
Curvas	
Incremento de ID	1

☐ Guardar valores por defeito para novos projectos

OK Cancelar Ajuda



**Opções do Mapa**

Nós	<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar ID dos Nós
Troços	<input type="checkbox"/> Mostrar Valores nos Nós
Rótulos	<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar ID dos Troços
Notação	<input type="checkbox"/> Mostrar Valores nos Troços
Símbolos	<input type="checkbox"/> Utilizar como Texto Transparente
Setas de Escoamento	Ao Nível de Ampliação 100
Fundo do Mapa	Fonte 7

OK Cancelar Ajuda

## Notas sobre introdução de dados

---

- No Autocad o programa DXF2EPA converte:
  - polylines em Conduatas
  - As extremidades das polylines em nós (início e fim)
  - Portanto, começar as polylines onde pretendemos ter nós
- O programa DXF2EPA cria ficheiros .NET (e não .INP)
- No traçado da rede deve-se ter em atenção, os desníveis topográficos.
  - De desníveis na zona edificada superiores a 50 m e reservatório localizado dentro desta zona, dividir a rede em duas zonas (ou mais) independentes, interligadas, mas cada uma com um único ponto de alimentação.
  - Na transição entre zonas colocar Válvulas Redutoras de Pressão

# Construção do Modelo

## Elementos do modelo do sistema hidráulico

---

### (i) Componentes físicos

- Traçado
- Nós
  - Junções (elemento nó)
  - Reservatórios de nível fixo - RNF
  - Reservatórios de nível variável - RNV
- Trechos (troços)
  - Condutas
  - Bombas
  - Válvulas

### (ii) Componentes não físicos

- Parâmetros operacionais do sistema
  - Curvas
  - Padrões Temporais
  - Controlos

### (iii) Solicitações do sistema (consumos e caudais)

- Consumos médios nos nós
- Padrões de consumo

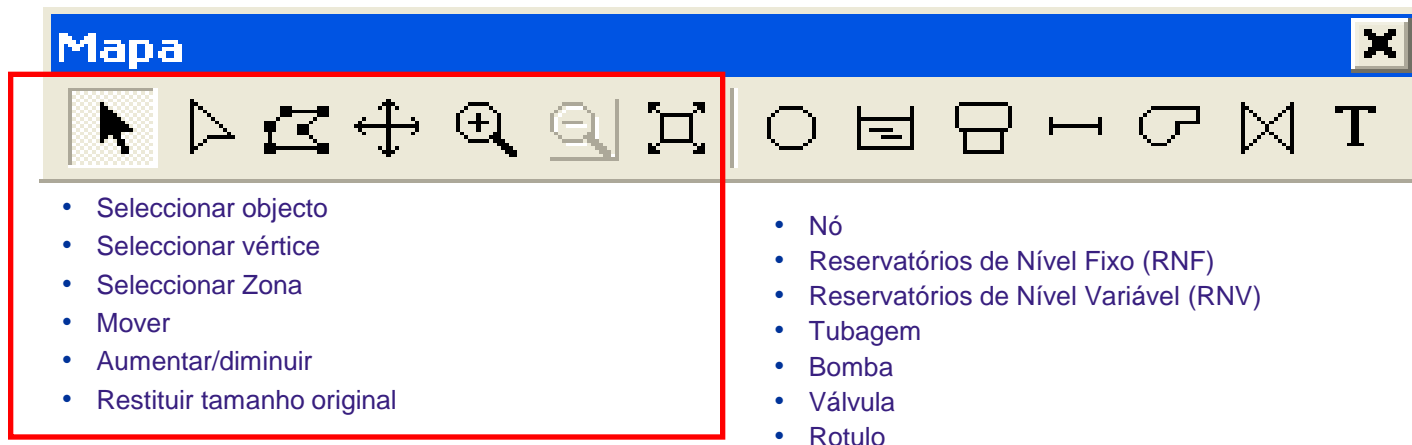


# Construção do Modelo

## Componentes físicos

### Traçado do sistema e características dos elementos

- Mostrar a barra de ferramentas (*se não visível*)
  - Ver → Barra de Ferramentas → Mapa → Principal e Mapa
  - da esquerda para a direita



- Traçado
  - Comece pelos Reservatórios de nível fixo **RNF** e/ou de nível variável **RNV** (equivalem a nós)
  - Adicione o(s) **nó(s)** que delimitam as condutas
  - Adicione as **condutas** (trechos rectos entre nós ou “polylines”)
  - (Adicione as **bombas** e as **válvulas**)
- Definição das características de cada elemento
  - Clicar no botão seleccionar objecto
  - Clicar duas vezes em cima de cada objecto e definir as características uma a uma



- Para todos os elementos acima introduzidos
- Os campos com \* são obrigatórios

# Construção do Modelo

## Componentes físicos (do tipo nó)

### Reservatórios de nível fixo

RNF (p.65)

Propriedade	Valor
*ID do RNF	RNF1
Coordenada X	42.95
Coordenada Y	653.25
Descrição	
Zona	
*Nível de água	0
Padrão de Nível	
Qualidade Inicial	
Origem de Qualidade	
Balanço de Caudal	#N/A
Nível de água	#N/A
Pressão	#N/A
Qualidade	#N/A

## Nível da água

- Cota da superfície livre
- Considera-se que o reservatório é apoiado com 2-3 m de altura de água

# Construção do Modelo

## Componentes físicos (do tipo nó)

### Nó de junção

Nó

Propriedade	Valor
*ID do Nó	N63
Coordenada X	255.47
Coordenada Y	523.45
Descrição	
Zona	
*Cota	0
Consumo-Base	0
Padrão de Consumo	
Categorias de Consumo	1
Coef. do Emissor	
Qualidade Inicial	
Origem de Qualidade	
Consumo Corrente	#N/A
Carga Hidráulica Total	#N/A
Pressão	#N/A
Qualidade	#N/A

### Consumo base

- Valor médio do consumo da categoria principal
- Valor negativo = existência de uma origem externa de caudal
- Se for deixado em branco, assume-se consumo nulo.

# Construção do Modelo

## Componentes físicos (do tipo trecho)

### Tubagem

## Tubagem

Tubagem Tub2	
Propriedade	Valor
*ID da Tubagem	Tub2
*Nó Inicial	RNF1
*Nó Final	Nó3
Descrição	
Zona	
*Comprimento	249.02
*Diâmetro	250
*Rugosidade	140
Coef. Perda de Carga Singular	0
Estado Inicial	Open
Coef. Reacção no Escoamento	
Coef. Reacção na Parede	
Caudal	#N/A
Velocidade	#N/A
Perda de Carga	#N/A
Factor de Resistência	#N/A
Taxa de Reacção	#N/A
Qualidade	#N/A
Estado	#N/A

### Fórmula da Perda de Carga

- Hazen-Williams:  

$$\Delta H = 4.727 * (Q/C)^{1.852} / D^{4.841} * L$$
- Darcy-Weisbach:  

$$\Delta H = f * V^2 / 2gD * L$$
- Chezy\_Manning:  

$$\Delta H = 4.66 * (nQ)^2 / D^{5.33} * L$$

### Rugosidades (Guia Técnico no.5 ou ManualPT, p.26)

- Hazen-Williams:  $C = 110 - 150 \text{ m}^{0.37} \text{ s}^{-1}$
- Darcy-Weisbach:  $\epsilon = 0,001 - 3 \text{ mm}$
- Chezy\_Manning:  $n = 1/K_s (\text{m}^{-1/3} \text{ s})$

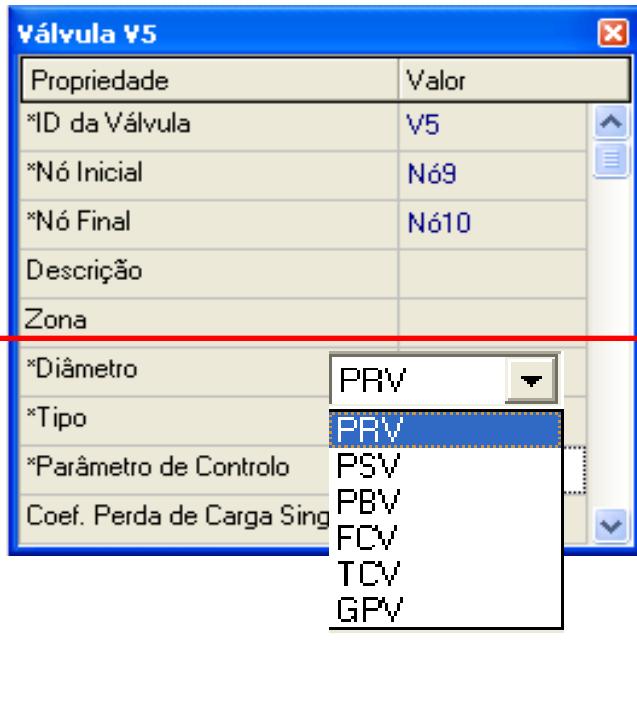
# Construção do Modelo

## Componentes físicos (do tipo trecho)

### Válvula

\* Não podem ser ligadas em série, nem ligadas a reservatório (usar uma tubagem curta para os separar, p.30 §3)

## Válvulas (p.69)



Propriedade	Valor
*ID da Válvula	V5
*Nó Inicial	N69
*Nó Final	N610
Descrição	
Zona	
*Diâmetro	PRV
*Tipo	PRV
*Parâmetro de Controlo	
Coef. Perda de Carga Sing	

## Tipos

*PRV (VRP)	Pressure Reducing Valve (V.Red.PressãoJus.)
*PSV (VA)	Pressure Sustaining Valve (V. de alívio)
PBV (VPCF)	Pressure Breaker Valve (V.Perda de Carga Fixa)
*FCV (VRC)	Flow Control Valve (V.Reg.Caudal)
TCV (VB)	Throttle Control Valve (V. de Borboleta)
GPV (VG)	General Purpose Valve (V.Genérica)

## Parâmetro de Controlo

- Parâmetro necessário para descrever as condições de operação da válvula.

Tipo de Válvula	Parâmetro de Controlo
PRV (VRP)	Pressão (m ou psi)
PSV (VA)	Pressão (m ou psi)
PBV (VPCF)	Pressão (m ou psi)
FCV (VRC)	Caudal (unidades de caudal)
TCV (VB)	Coef. de Perda Carga Singular (adim.)
GPV (VG)	ID da curva de perda de carga

## Coef. de perda de carga singular

- Coeficiente de perda de carga singular quando a válvula está completamente aberta.

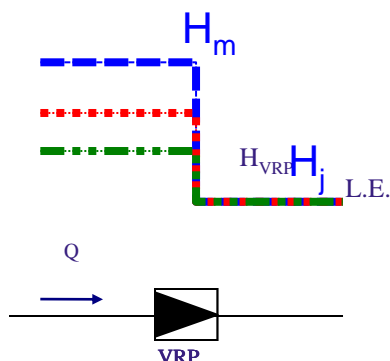
# Dispositivos de Perda de Carga

## Válvulas redutoras de pressão (VRP)

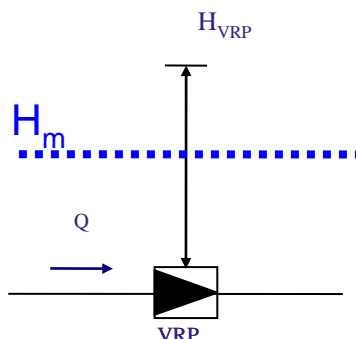


- Modo de funcionamento

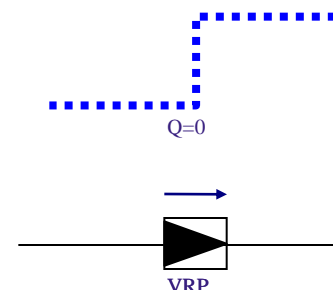
- 1. Estado activo** - sempre que a pressão a jusante for demasiado elevada é accionado o dispositivo de obturação da válvula, reduzindo o valor da pressão a jusante até ao  $H_{VRP}$  (carga de definição da válvula redutora de pressão), caso contrário abre ;
- 2. Estado passivo** - se a pressão a montante for insuficiente e inferior à carga de definição da VRP, a válvula abre totalmente, mantendo a montante e a jusante a mesma pressão;
- 3. Válvula fechada** – se a pressão a jusante for superior à pressão a montante, a válvula fecha totalmente funcionando como uma válvula de retenção (não permite a inversão do escoamento).



**Estado activo**



**Estado passivo**



**Válvula fechada**

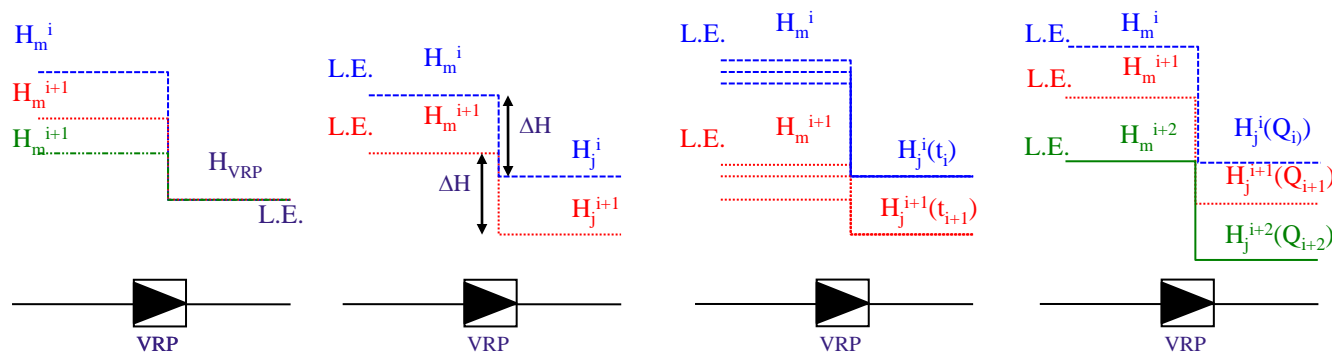
# Dispositivos de Perda de Carga

## Válvulas redutoras de pressão (VRP)



### Tipos de Funcionamento

- VRP com carga constante - mantém a pressão constante e igual a um determinado valor;
- VRP com queda constante - introduz uma perda de carga localizada constante independente da pressão a montante;
- VRP com carga constante variável no tempo - análoga à VRP com carga constante a jusante, mas variando de intervalo para intervalo;
- VRP com carga ajustável automaticamente em função da variação dos consumos.



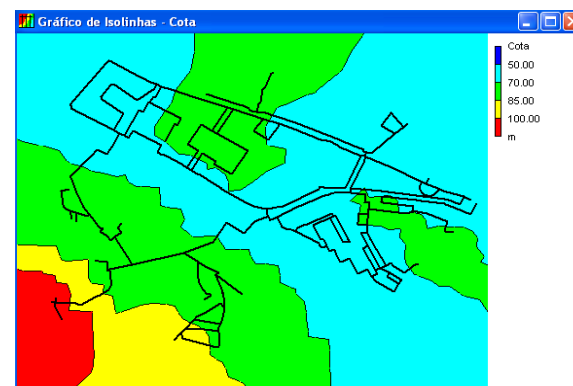


# Construção do Modelo

## Resultados

- Executar a simulação
- Resultados - Gráfico
  - Série temporal

Isolinhas



- Resultados - Tabela (*tem filtros*) e exportação para Excel

ID do Nó	Consumo LPS	Carga Hidráulica m	Pressão m	Qualidade
Nó 2	0.00	99.22	37.72	0.00
Nó 3	0.37	99.20	37.30	0.00
Nó 4	0.18	99.10	36.80	0.00
Nó 5	0.00	99.05	36.45	0.00
Nó 6	0.34	99.05	36.35	0.00
Nó 7	0.20	98.92	34.72	0.00
Nó 8	0.00	98.92	34.62	0.00
Nó 9	0.19	98.92	34.82	0.00
Nó 10	0.10	98.92	33.42	0.00
Nó 11	0.25	98.92	33.32	0.00
Nó 12	0.25	98.92	30.32	0.00
Nó 13	0.13	98.92	30.32	0.00
Nó 14	0.19	98.92	29.02	0.00
Nó 15	0.04	98.92	28.32	0.00

### *Procedimento para o cálculo hidráulico de redes de distribuição*

- 1) afectação dos consumos domésticos aos troços/nós do sistema de distribuição de água;
- 2) localização e afectação, a nós de cálculo, dos consumos que não foram incorporados nos consumos domésticos (escolas, centros comerciais,...);
- 3) Executar o EPANET e configurar os valores por defeito Hidráulica;
  - a. Unidades de caudal = LPS;
  - b. Fórmula de Perda de carga = C-M;
  - c. Factor de Consumo = Factor de Ponta Instantâneo para Q dimensionamento ou 1,0 para verificação do Q Incêndio;
- 4) Configurar os valores por defeito Propriedades;
  - a. Auto-comprimento = ON;
  - b. Diâmetro da tubagem = D interior mínimo;
  - c. Rugosidade da tubagem =  $n = 1/K_s$  (Manning-Strickler);
  - d. Guardar valores por defeito para novos projectos;

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Dimensionamento Hidráulico de Redes

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

- 5) Entrar no EPANET e importar o ficheiro INP **Ficheiro>Importar>Rede...** ficheiro INP;
- 6) Sempre que pretenda introduzir novas tubagens verifique no canto inferior esquerdo se o auto-comprimento está ON ou OFF e altere para o valor pretendido em **Valores por defeito> Propriedades**;
- 7) Introduzir os dados dos nós (carregar em cada nó);
  - a. Cota = Cota do Terreno;
  - b. Consumo base =  $Q_{\text{médio}}$  do nó;
- 8) Introduzir os Elementos Hidráulicos em falta (não esquecer de os ligar), nomeadamente;
  - a. RNF (Reservatórios) ; (Introduzir Nível de água); um RNF é um nó com determinadas características onde deve terminar, pelo menos, uma conduta;
  - b. PRV (Válvula Redutoras de Pressão) (introduzir dados da PRV); uma PRV é introduzida em série com o tubo e só permite escoamento do nó Inicial para o nó final; o procedimento mais adequado é criar um novo nó auxiliar no local onde pretende instalar a PRV; deve fazer terminar a tubagem nesse nó auxiliar e iniciar a PRV nesse mesmo nó; o parâmetro de controlo é a pressão pretendida a jusante;

- 9) Executar a simulação e ver o relatório com os erros da simulação;
- 10) Para ter uma visão global de determinadas características nos nós, e nos trechos é útil utilizar as Legendas, com cor; por exemplo Introduzir na **Janela>Procura>Mapa e Ver>Legendas**; os valores da Legenda podem ser alteradas para o valor pretendido carregando com botão do rato direito sobre a legenda;
- 11) Para visualizar os resultados é útil, quando ainda está toda a rede com Dmin, a legenda nos troços;
  - a. de caudal (útil quando toda a rede está com Dmin para introduzir novos Diâmetros em cada troço utilizando uma tabela auxiliar de EXCEL que tem o caudal máximo admissível por cada diâmetro comercial de acordo com o regulamento ( $V_{\max}=0,127D^{0,4}$ ));
- 12) As legendas são particularmente úteis para visualizar resultados nos nós;
  - a. de pressões,
  - b. cotas piezométricas,

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Dimensionamento Hidráulico de Redes

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

**13) São também particularmente úteis para visualizar resultados nos troços as legendas;**

- a. de perdas de carga; (útil para ver quais os D preferenciais a alterar na verificação ao incêndio); recomenda-se que se altere os valores que vêm por defeito para valores mais consentâneos com as unidades que estão a ser utilizadas, (por exemplo alterar para 1 m/km, 3 m/km, 5 m/km e 10m/km) (normalmente valores superiores a 10 m/km correspondem a velocidades excessivas);
- b. de velocidades;

**14) Proceder iterativamente, a novas simulações e efectuar alterações no sistema hidráulico até a rede estar convenientemente dimensionada, nomeadamente;**

- a. Alterar Diâmetros comerciais em cada trecho (se o problema forem as perdas de carga excessivas ou, velocidades excessivas de acordo com o regulamento ou, velocidades baixas e o D for maior que o mínimo...);
- b. Alterar o nível de água no reservatório (se o problema for a cota no nível de água);
- c. Introduzir PRV, se houver necessidade de criar vários andares de pressão;

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Dimensionamento Hidráulico de Redes

**Nota: Recomendações para o Trabalho Prático**

- 15) Verificar pressões máximas; uma forma fácil de utilizar o EPANET para simular uma situação estática de funcionamento para a verificação das pressões máximas (caudal mínimo nocturno) é a utilização de um factor de consumo muito pequeno, por exemplo 0,01 (mas atenção que por questões numéricas do modelo não pode ser zero, nem muito próximo de zero);  
**Projecto > Opções de Simulação > Factor de Consumo = 0,01;**
- 16) Após o dimensionamento da rede para o caudal de ponta, verificar a rede para o caudal de incêndio;
- deverão ser efectuadas várias simulações, cada uma a representar um incêndio do grau de risco da zona (adicionar ao consumo do nó do local de incêndio um  $Q_{incendio}$  ao consumo base aí existente);
  - atenção não se considera a existência de incêndios em várias zonas em simultâneo; Os sítios mais críticos são em geral os trechos ramificados mais extensos que têm o D mínimo;
  - a verificação ao incêndio consegue-se normalmente aumentando os D com maiores perdas de carga; em geral, não se conseguem resultados visíveis aumentando a cota do nível do reservatório e esta alteração tem a desvantagem de por em causa o dimensionamento.

# **AULA 15**



## **REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

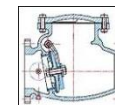
- **Órgãos e Acessórios.**

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Órgãos Acessórios

### Órgãos acessórios mais correntes em redes de distribuição de água

- *Válvulas de seccionamento;* 
- *Válvulas de purga ou de descarga;* 
- *Hidrantes (bocas de incêndio ou marcos de água);*
- *Bocas de rega e de lavagem;*
- *Medidores de caudal e contadores domiciliários;*
- *Ventosas (utilização pouco frequente);*
- *Válvulas de retenção (utilização pouco frequente).*

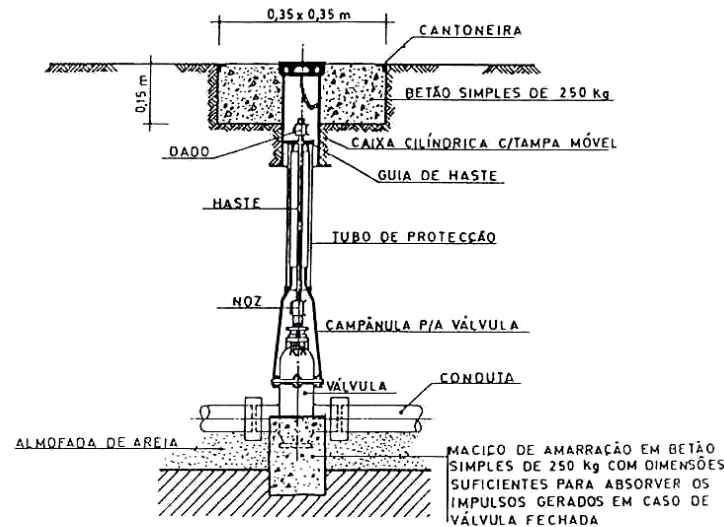




### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 40º / Válvulas de seccionamento*



- 1 - As válvulas de seccionamento devem ser instaladas de forma **a facilitar a operação do sistema e minimizar os inconvenientes de eventuais interrupções do abastecimento.**



### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 40º / Válvulas de seccionamento*



**2 - As válvulas de seccionamento devem ser devidamente protegidas e facilmente manobráveis e localizar-se, nomeadamente:**

- a) Nos ramaís de ligação;**
- b) Junto de elementos acessórios ou instalações complementares que possam ter de ser colocados fora de serviço;**
- c) Ao longo da rede de distribuição, por forma a permitir isolar áreas com um máximo de 500 habitantes;**
- d) Ao longo de condutas da rede de distribuição mas sem serviço de percurso, com espaçamentos não superiores a 1 000 m;**
- e) Nos cruzamentos principais, em número de três;**
- f) Nos entroncamentos principais, em número de duas.**

**... ( num nó com N ligações, instalar (N-1) válvulas)**

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 47º / Descargas de fundo*



- 1 - As descargas de fundo destinam-se a permitir **o esvaziamento de troços de condutas e de partes de redes de distribuição** situados entre válvulas de seccionamento, nomeadamente para proceder a operações de limpeza, desinfeção ou reparação, e devem ser instaladas:
  - a) Nos pontos baixos das condutas;
  - b) Em pontos intermédios de condutas (...), tendo em atenção a necessidade de limitar o tempo de esvaziamento das condutas, e (...) de modo a minimizar o número de consumidores prejudicados por eventuais operações de esvaziamento.

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 48º / Lançamento de efluentes das descargas de fundo* ↓

(...)

- 1 - (...) devem ser lançados em linhas de água naturais, colectores pluviais ou câmaras de armazenamento transitório, salvaguardando-se, em qualquer dos casos, os riscos de contaminação da água da conduta.
- 2 - Sempre que necessário, devem prever-se (...) dispositivos de dissipação de energia cinética.

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 49º / Dimensionamento das descargas de fundo*

O dimensionamento de uma descarga de fundo consiste na determinação do seu diâmetro de modo a obter-se um tempo de esvaziamento do troço de conduta compatível com o bom funcionamento do sistema, não devendo o seu diâmetro ser inferior a um sexto do diâmetro da conduta onde é instalada, com um mínimo de 50 mm.

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 54º / Hidrantes*

- 1 - Consideram-se **hidrantes as bocas de incêndio e os marcos de água.**
- 2 - As bocas de incêndio podem ser de parede ou de passeio, onde normalmente se encontram incorporadas.
- 3 - Os marcos de água são salientes em relação ao nível do pavimento.
- 4 - **A concepção dos hidrantes deve garantir a sua utilização exclusiva pelas corporações de bombeiros e serviços municipais.**

(...)



### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 56º / Ramais alimentação hidrantes*

- 1 - Os **diâmetros nominais mínimos** dos ramais de alimentação dos hidrantes são de **45 mm** para as bocas de incêndio e de **90 mm** para os marcos de água.
- 2 - Os diâmetros de saída são fixados em **40 mm** para as bocas de incêndio e em **60 mm, 75 mm e 90 mm** para os marcos de água.

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Órgãos Acessórios

### Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 55º / Localização de hidrantes

A localização dos hidrantes **cabe à entidade gestora, ouvidas as corporações de bombeiros locais**, devendo atender-se às seguintes regras:

- a) As bocas de incêndio tendem a ser substituídas por marcos de água e, onde estes não se instalem, o afastamento daquelas **deve ser de 25 m** no caso de construções em banda contínua.
- b) Os marcos de água devem localizar-se junto do lancil dos passeios que marginam as vias públicas, sempre que possível **nos cruzamentos e bifurcações**, com os seguintes espaçamentos máximos, em função do grau de risco de incêndio da zona:
  - c) 200 m - grau 1;
  - 150 m - grau 2;
  - 130 m - grau 3;
  - 100 m - grau 4;
  - A definir caso a caso - grau 5.



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Órgãos Acessórios

### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 53º / Bocas de rega e lavagem*

- 1 - A implantação das bocas de rega e lavagem **é função da organização urbanística dos aglomerados populacionais**, nomeadamente arruamentos e espaços verdes.
- 2 - O afastamento entre bocas de rega e lavagem, quando necessárias, não deve ser superior a 50 m.
- 3 - O diâmetro nominal mínimo das bocas de rega e lavagem e respectivos ramais de alimentação é de 20 mm.



### *Decreto Regulamentar nº 23/95 – Artigo 45º / Ventosas*

As ventosas **devem ser localizadas nos pontos altos**, nomeadamente nos extremos de condutas periféricas ascendentes, **e nas condutas de extensão superior a 1 000 m sem serviço de percurso.**

**As ventosas, que podem ser substituídas por bocas de rega e lavagem desde que seja garantida a sua operação periódica**, têm por finalidade permitir a admissão e a expulsão de ar nas condutas.

Numa rede de distribuição a entrada e a saída do ar é efectuada, em geral, pelos pontos de consumo não sendo necessárias Ventosas.





# **AULA 16**

## **REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

- Mapas de nós.
- Instalações Complementares.
- Mapas de Trabalho.
- Controle de Perdas e Fugas.

## Mapa de nós

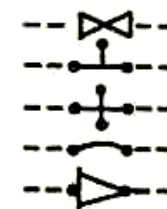
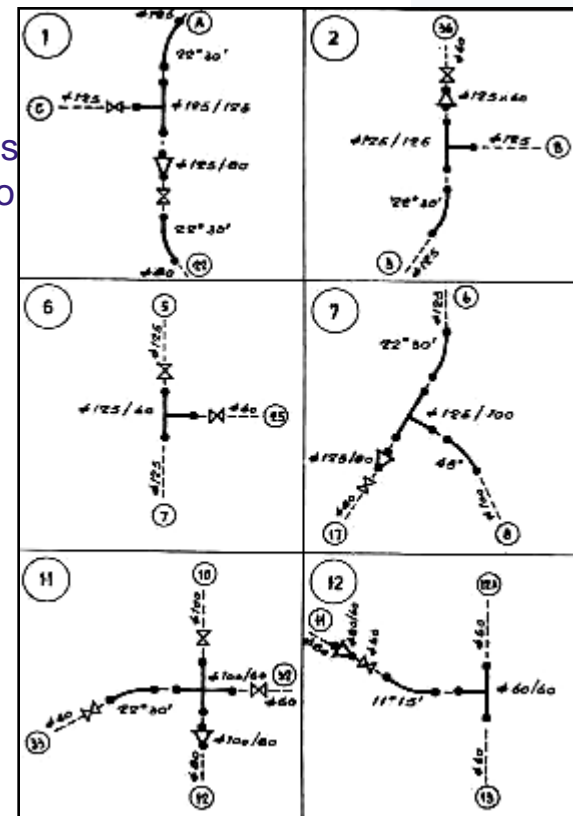
---

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Mapas de nós (Acessórios)

### • Mapas de nós

- São constituídos por um conjunto de esquemas de ligação de todos os nós da rede de distribuição que requeiram acessórios de ligação (para além das condutas) (*ver esquemas simplificados ao lado*)
- Cada esquema é constituído por peças especiais:
  - Válvulas de seccionamento
  - Tês e cruzetas
  - Cones de redução
  - Juntas de transição
  - Juntas cegas
- Dependem de:
  - material das condutas (tipo de ligação, se por boca, flange, soldadura ou outra).
  - órgãos de manobra e segurança adoptados.



Válvula de seccionamento

Tê

Cruzeta

Curva

Cone de redução

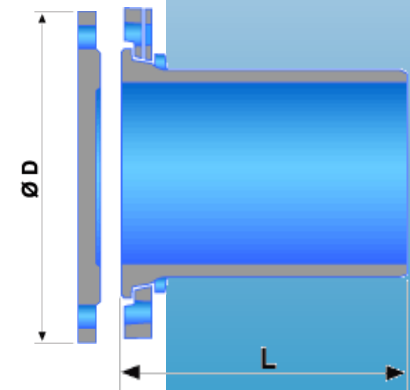
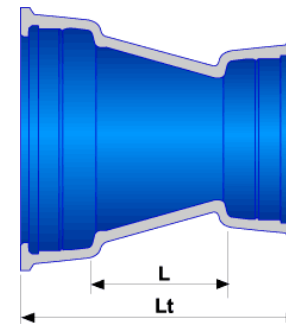
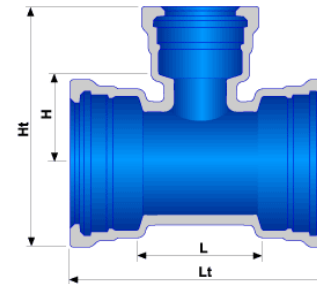
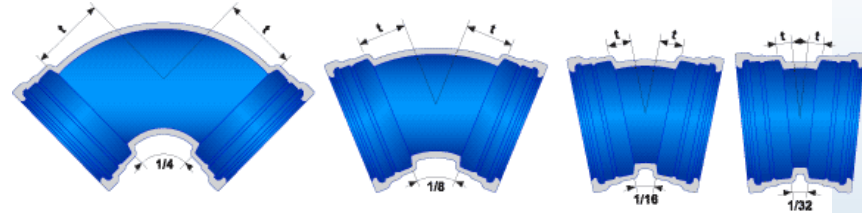
# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Acessórios e Mapas de nós

### Acessórios Tipo

- Curva
  - $11^{\circ}15'$ ,  $22^{\circ}30'$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$
- Cruzeta simples ou de redução
  - A cruzeta de redução tem dois eixos perpendiculares de DN diferente; cada eixo só tem um DN (não existem cruzetas com redução de DN ao longo do eixo);
- Tê simples ou de redução
  - A derivação tem sempre DN menor ou igual ao da conduta principal
- Cone de Redução
- Junta cega

Para complementar o ângulo total necessário em planta (e em perfil), considera-se que cada junta de ligação permite 2 a  $3^{\circ}$  de desvio



# Medições

---

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Medições e mapa de trabalhos

- Artigo 25.º- Profundidade
  - 1 - A profundidade de assentamento das condutas não deve ser inferior a 0,80 m, medida entre a geratriz exterior superior da conduta e o nível do pavimento.
  - 2 - Pode aceitar-se um valor inferior ao indicado desde que se protejam convenientemente as condutas para resistir a sobrecargas ou a temperaturas extremas.
  - 3 - Em situações excepcionais, admitem-se condutas exteriores ao pavimento desde que sejam convenientemente protegidas mecânica, térmica e sanitariamente.
  
- Artigo 26.º - Largura das valas
  - 1 - Para profundidades até 3 m, a largura das valas para assentamento das tubagens deve ter, em regra, a dimensão mínima definida pelas seguintes fórmulas:  
$$L = D_{ext} + 0,50 \text{ para condutas de diâmetro até } 0,50 \text{ m;}$$
$$L = D_{ext} + 0,70 \text{ para condutas de diâmetro superior a } 0,50 \text{ m;}$$
onde L é a largura da vala (m) e  $D_{ext}$  o diâmetro exterior da conduta (m).
  - 2 - Para profundidades superiores a 3 m, a largura mínima das valas pode ter de ser aumentada em função do tipo de terreno, processo de escavação e nível freático.

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Medições e mapa de trabalhos

- Artigo 27.º - Assentamento
  - 1 - As tubagens devem ser assentes por forma a assegurar-se que cada troço de tubagem se apoie contínua e directamente sobre terrenos de igual resistência.
  - 2 - Quando, pela sua natureza, o terreno não assegure as necessárias condições de estabilidade das tubagens ou dos acessórios, deve fazer-se a sua substituição por material mais resistente devidamente compactado.
  - 3 - Quando a escavação for feita em terreno rochoso, as tubagens devem ser assentes, em toda a sua extensão, sobre uma camada uniforme previamente preparada de 0,15 m a 0,30 m de espessura, de areia, gravilha ou material similar cuja maior dimensão não exceda 20 mm.
  - 4 - Devem ser previstos maciços de amarração nas curvas e pontos singulares, calculados com base nos impulsos e resistência dos solos.
- Artigo 28.º - Aterro das valas
  - 1 - O aterro das valas deve ser efectuado de 0,15 m a 0,30 m acima do extradorso das tubagens com material cujas dimensões não excedam 20 mm.
  - 2 - A compactação do material do aterro deve ser feita cuidadosamente por forma a não danificar as tubagens e a garantir a estabilidade dos pavimentos.

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Medições e mapa de trabalhos

### LEGENDA:



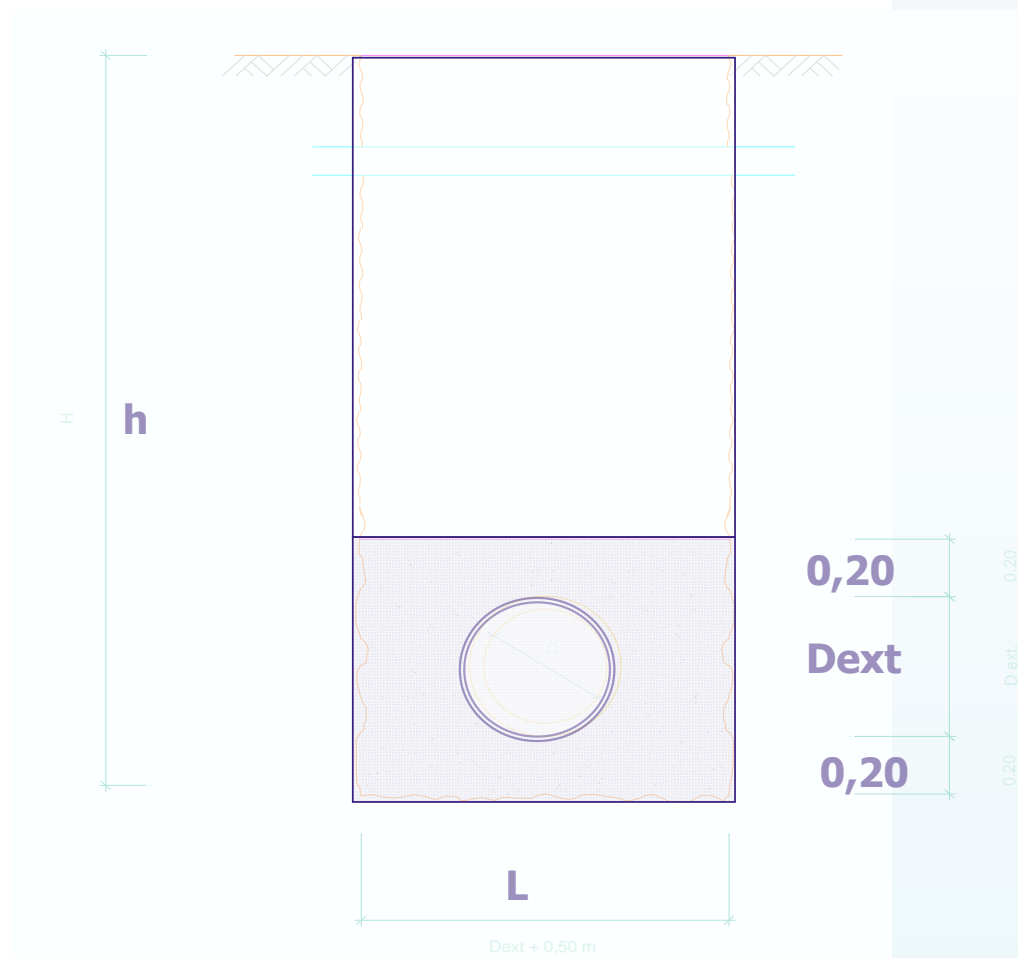
Material da própria vala, isento de pedra, torrões, etc., bem compactado em camadas de 0.20m de espessura



Areia ou saibro bem compactado em camadas de 0.15m de espessura

$$L = \text{Dext} + 0,5 \quad (\text{DN} \leq 500 \text{ mm})$$

$$L = \text{Dext} + 0,7 \quad (\text{DN} > 500 \text{ mm})$$







INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Mapa de trabalhos

DESIGNAÇÕES	Un.	QUANTIDADES				
		PARCIAIS	TOTAIS			
<b>I- REDE DE DISTRIBUIÇÃO</b>						
<b>1- LEVANTAMENTO E REPOSIÇÃO DE PAVIMENTO</b>						
1.1- Levantamento e reposição de pavimento de qualquer natureza, incluindo trabalhos adicionais de demolição e reconstrução de bermas, passeios, valetas e acessos existentes:	m <sup>2</sup>			2.3- Aterro e compactação de valas com terras resultantes da escavação, por camadas de 0,20m de altura, devidamente cirandadas e isentas de pedras e raízes, incluindo almofada de terra solta com altura de 0,10m.	m <sup>3</sup>	
- Ø 90mm		1 224.61		- Ø 90mm		1 179.62
- Ø 110mm		47.71		- Ø 110mm		45.65
- Ø 125mm		68.08		- Ø 125mm		64.84
- Ø 140mm		134.84		- Ø 140mm		127.85
- Ø 160mm		42.93		- Ø 160mm		40.48
- Ø 180mm		142.17		- Ø 180mm		133.35
- Ø 200mm		94.75		- Ø 200mm		88.43
- Ø 225mm		463.32		- Ø 225mm		429.96
- Ø 280mm		32.07	2 250.46	- Ø 280mm		29.43
				2.4- Transporte a vazadouro e espalhamento dos produtos escavados sobrantes (empolamento de 25%)	m <sup>3</sup>	1 791
<b>2- MOVIMENTO DE TERRAS</b>				<b>3- TUBAGENS E ACESSÓRIOS</b>		
2.1- Escavação e remoção dos produtos escavados na abertura de vala, em terreno de qualquer natureza, incluindo entivação e rebaixamento do nível freático se necessário, para assentamento de tubagens, incluindo todos os materiais e trabalhos necessários.	m <sup>3</sup>			3.1- Fornecimento, assentamento e ensaio de tubagem em PEAD com junta por electrofusão.	ml	
- Ø 90mm		1 902.14		Ø 63 mm		
- Ø 110mm		74.75		Ø 90 mm		
- Ø 125mm		107.38				
- Ø 140mm		214.14		3.2- Fornecimento e colocação de acessórios em Ferro Fundido (FF) referentes ao esquemas de nós apresentados no Desenho nº4 (10 nós)	Un	
- Ø 160mm		68.81		Curva 11°15", Ø 63 mm		
- Ø 180mm		230.02		Curva 22°30", Ø 63 mm		
- Ø 200mm		154.75		Curva 45°, Ø 63 mm		
- Ø 225mm		765.87		Curva 90°, Ø 63 mm		
- Ø 280mm		54.44	3 572.30	Curva 11°15", Ø 90 mm		
				Curva 22°30", Ø 90 mm		
2.2- Aterro das valas com areia ou saibro (caso necessário), ou material da escavação isento de pedras, para formação do leito de assentamento e camada de protecção das tubagens, incluindo rega e compactação em camadas 0.15 m de espessura, bem apertadas.	m <sup>3</sup>			Curva 45°, Ø 90 mm		
- Ø 90mm		706.62		Junta cega, Ø 63 mm		
- Ø 110mm		28.21		Cone de redução DN90x63		
- Ø 125mm		40.96		3.3- Órgãos e acessórios em Ferro Fundido (FF) referentes à rede apresentados no Desenho nº4	Un	
				Marcos de incêndio		
				Válvulas de seccionamento		
				Válvulas redutoras de pressão		
				Descargas de fundo		

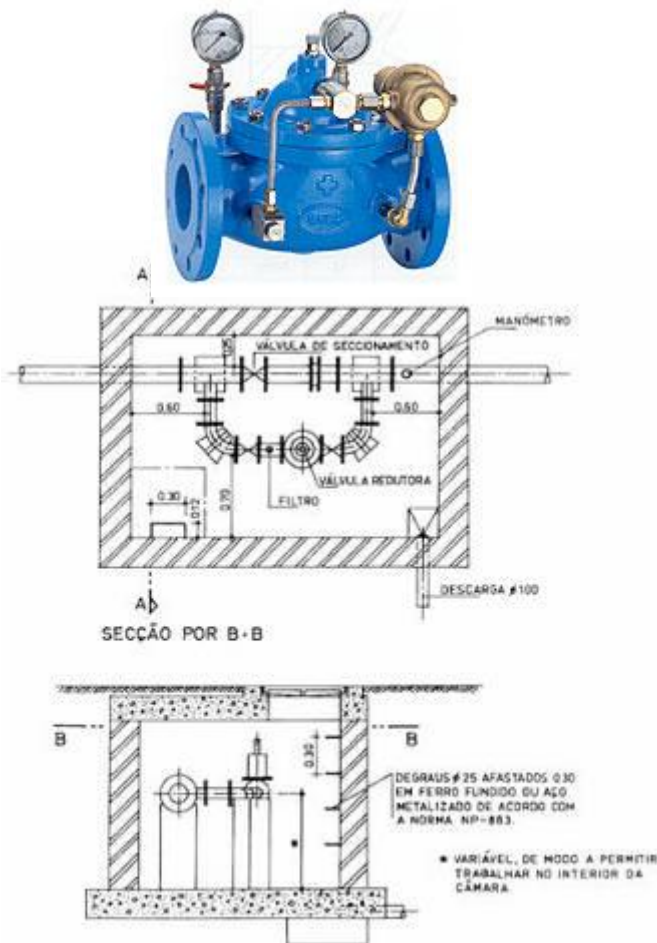
## Instalações complementares

---

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Instalações Complementares

### Válvulas Redutoras de Pressão



### Estações Sobrepressoras



# Controle de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água

---

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Controle de Perdas

*As perdas de água constituem uma das principais fontes de ineficiência das entidades gestoras de abastecimento de água.*



**Perdas de água:**

### **ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA - CONSUMO AUTORIZADO**

As perdas de água podem ser calculadas para todo o sistema ou para subsistemas (Zonas de Medição e Controlo).

As **Perdas de Água** dividem-se em **Perdas Reais** e **Perdas Aparentes**.

**Perdas reais:** corresponde às perdas físicas de água até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga.

**Perdas aparentes:** contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito).

**Água não facturada:**

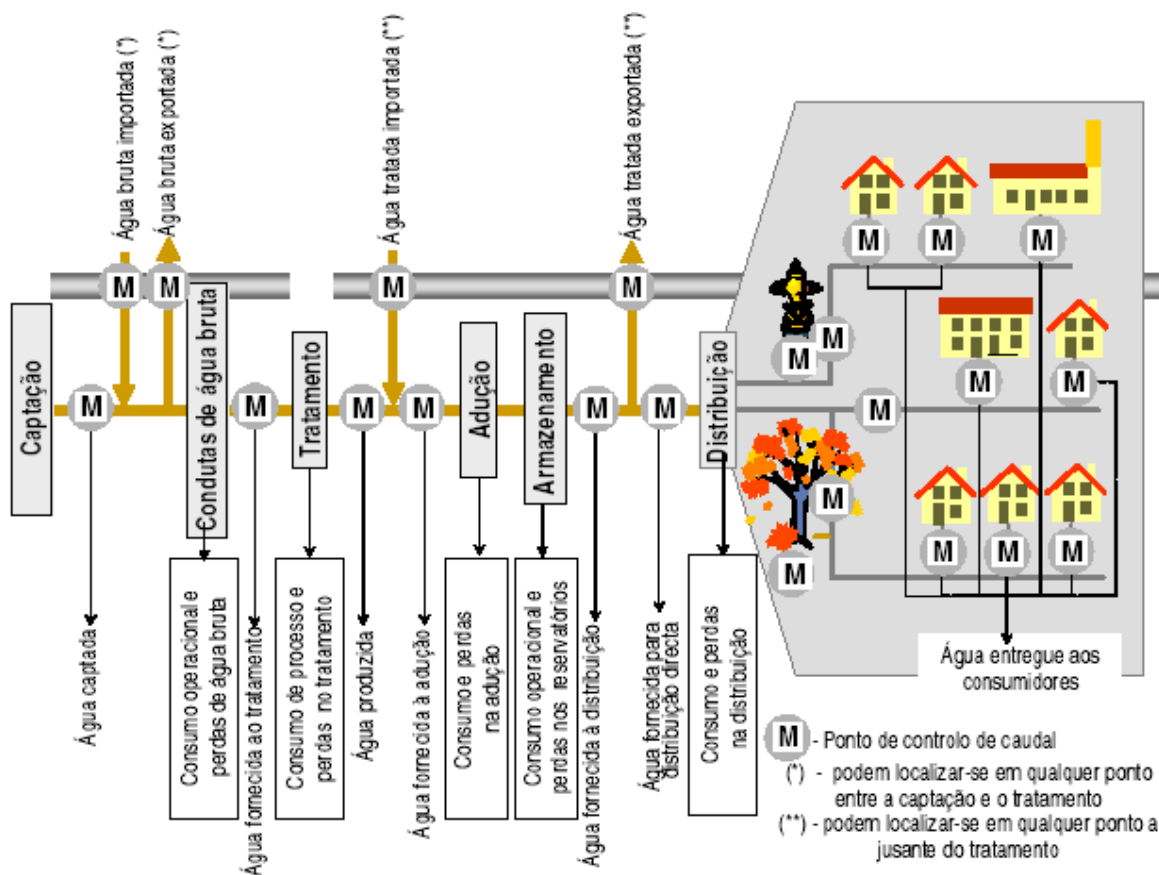
### **ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA - CONSUMO AUTORIZADO FACTURADO**

Inclui não só as **Perdas Reais** e **Perdas Aparentes**, mas também o **Consumo Autorizado Não Facturado**.

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Controle de Perdas

### Componentes do Balanço Hídrico



### Dimensão económico-financeira

Quadro 1 – Valor anual aproximado do mercado das perdas de água

População residente (hab) <sup>(*)</sup>	10 356 000
Capitação total de água (l/hab/dia) <sup>(*)</sup>	207
Perdas totais médias (%) <sup>(**)</sup>	0,35
Parcela de perdas reais (%) <sup>(***)</sup>	0,6
Custos correntes médios (€/m <sup>3</sup> ) <sup>(**)</sup>	0,5
Custos de venda médios (€/m <sup>3</sup> ) <sup>(*)</sup>	0,53
Percentagem recuperável (%) <sup>(**)</sup>	50%
Perdas totais (m <sup>3</sup> /ano)	273 856 653
Perdas reais (m <sup>3</sup> /ano)	164 313 992
Perdas aparentes (m <sup>3</sup> /ano)	109 542 661
Valor do produto recuperável (€/ano)	82 156 996
Valor de vendas recuperável (€/ano)	58 057 610
Valor efectivo do produto recuperável (€/ano)	41 078 498
Valor efectivo de vendas recuperável (€/ano)	29 028 805
<b>Dimensão do mercado (€/ano)</b>	<b>70 107 303</b>

Fonte: “Abastecimento de água em Portugal – o mercado e os preços”, APDA, Julho de 2004.

\*\* Valores estimados pelo LNEC com base em fontes dispersas, algumas informais.

\*\*\* Valor médio baseado em estudos internacionais (e.g. Thornton, 2002).



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Controle de Perdas

### Dimensão técnica

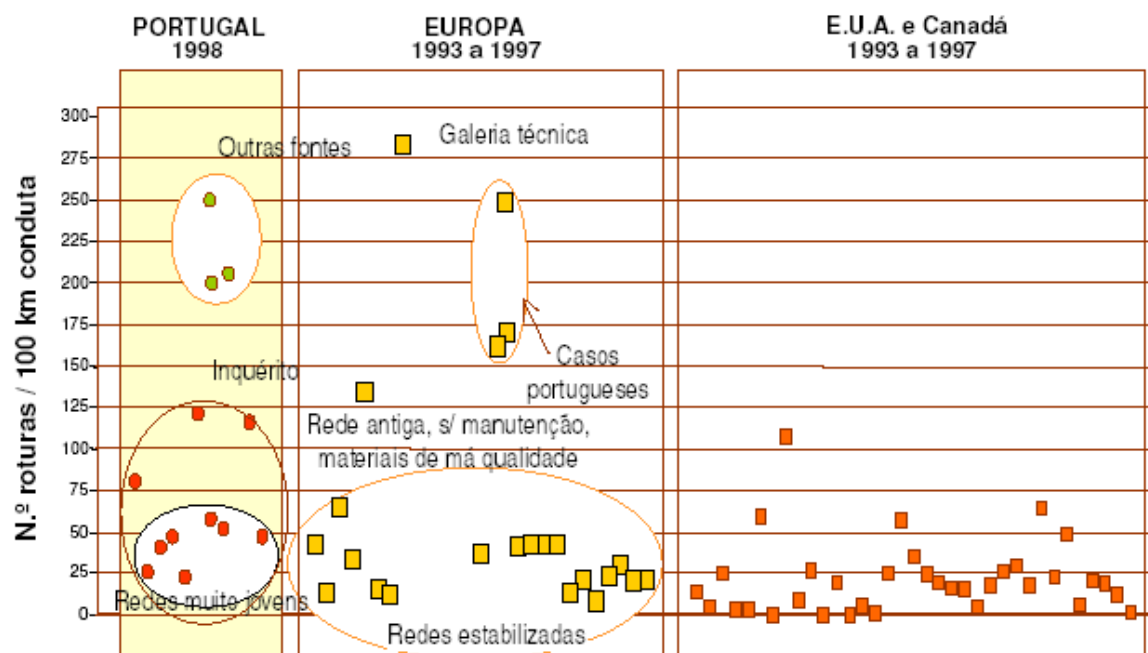


Figura 3 – Roturas em condutas em Portugal, na Europa e na América do Norte



# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Controle de Perdas

### *Factores que influenciam as Perdas Reais:*

- *O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;*
- *a pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;*
- *a densidade e comprimento médio de ramais;*
- *a localização do medidor domiciliário no ramal;*
- *o comprimento total de condutas;*
- *o tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;*
- *a percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (factor muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).*



*Factores que influenciam as Perdas Aparentes:*

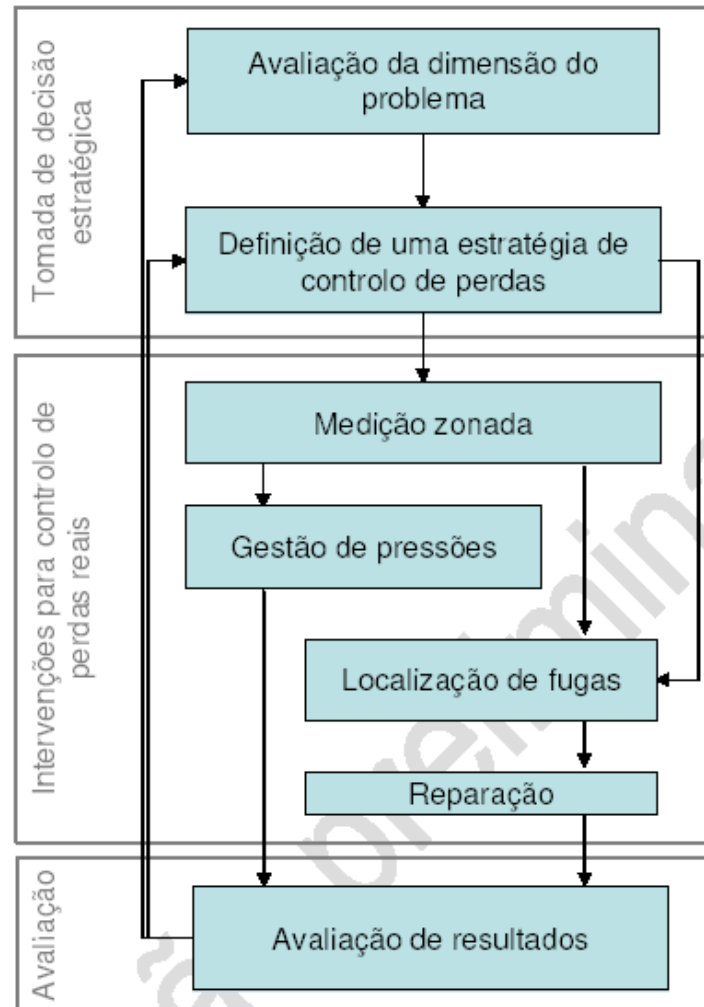
- *a existência de ligações ilícitas;*
- *o uso fraudulento dos hidrantes;*
- *os erros de medição que podem ser por:*
  - ➔ *erros de medição dos contadores em condições normais de medição;*
  - ➔ *erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;*
  - ➔ *erros de leitura ou registo;*
  - ➔ *erros de medição por avaria (“natural” ou por violação do equipamento);*
  - ➔ *leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores (dentro das habitações).*

# SISTEMAS DE ABASTECIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

## Redes de Distribuição / Controle de Perdas

*Vias para a abordagem do problema:*

*Fases de abordagem do problema, com ênfase no **controle de perdas reais***



**AULA 17**  
**VISITA DE ESTUDO**