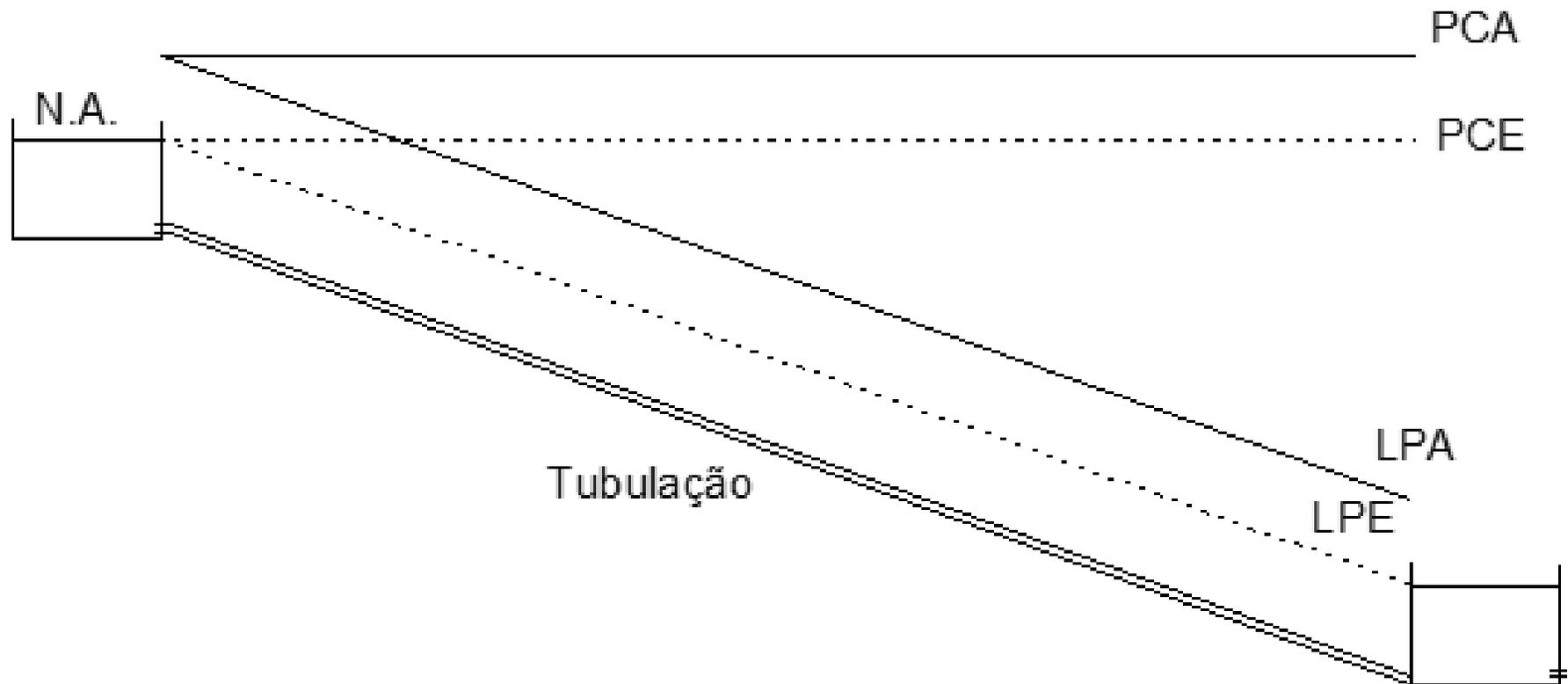


# Aula 7 – Condutos Forçados (parte 2)

# Posição dos encanamentos, acessórios e perda de carga em tubulações com múltiplas saídas



# Posição dos encanamentos

- a) Plano de carga efetiva (PCE): Continuidade da altura da carga inicial ao longo tubulação.
- b) Plano de carga absoluta (PCA): Soma do PCE mais a  $P_{atm}$  local (Pabsoluta).
- c) Linha piezométrica efetiva (LPE): Representa o lugar geométrico em que subiria a água em piezômetros, se fossem colocados ao longo da tubulação.
- d) Linha piezométrica absoluta (LPA): é a soma de LPE e  $P_{atm}$  local.

# Posição dos encanamentos

e) Linha de carga efetiva (LCE): lugar geométrico representativo da soma das três cargas:

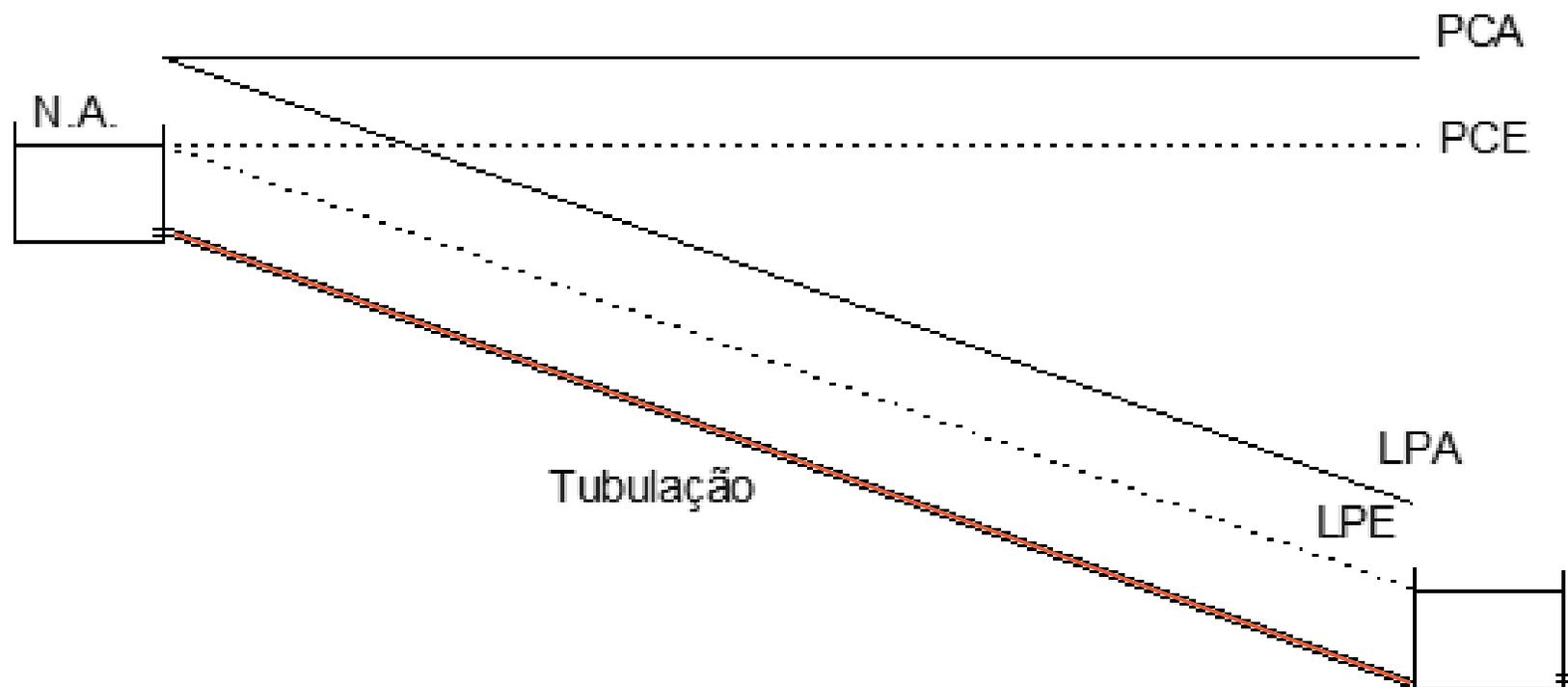
$$LCE = P/\gamma + V^2/2g + h$$

$$LCE = LPE + V^2/2g$$

Na prática,  $LCE \approx LPE$  ( $V^2/2g$  tem pequeno valor)

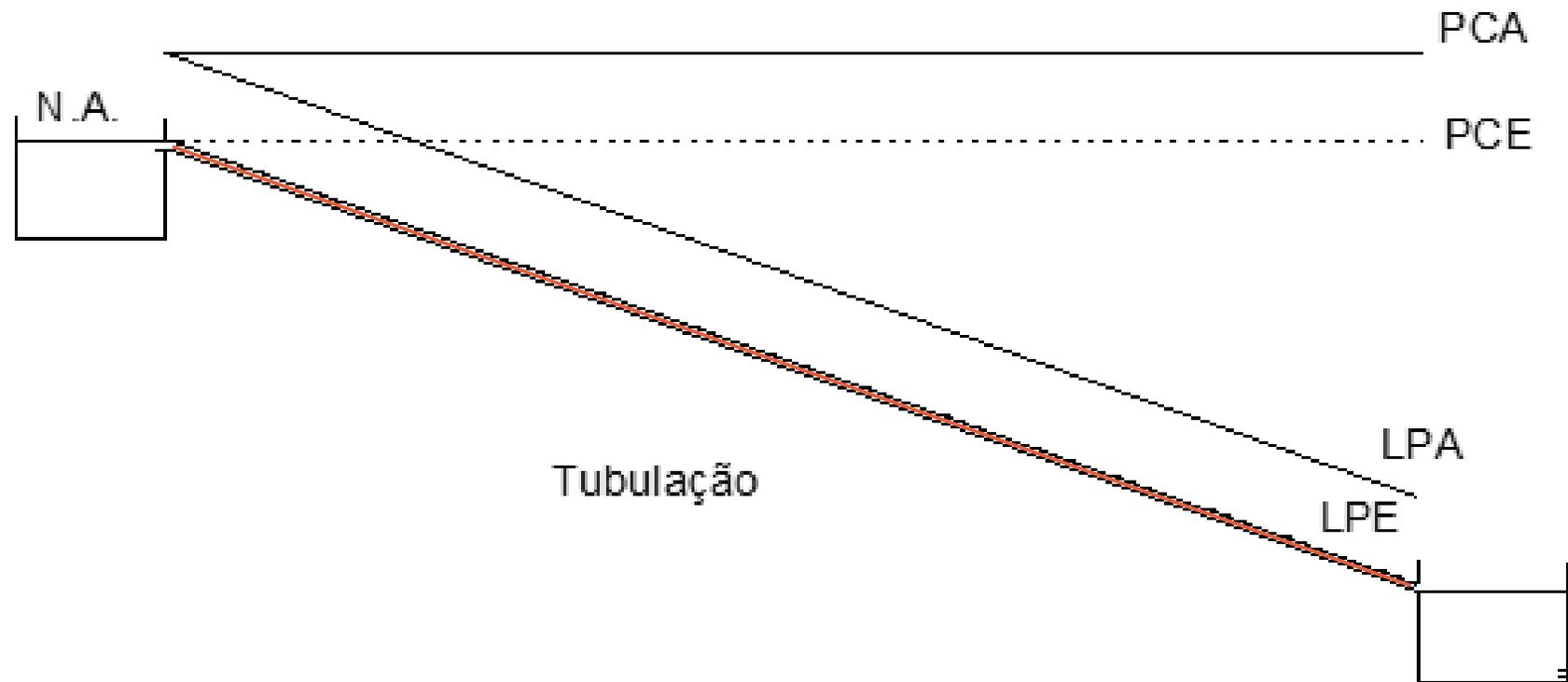
f) Linha de carga absoluta (LCA): é a soma de LCE e  $P_{atm}$  local.

a) 1ª posição: tubulação abaixo da LPE



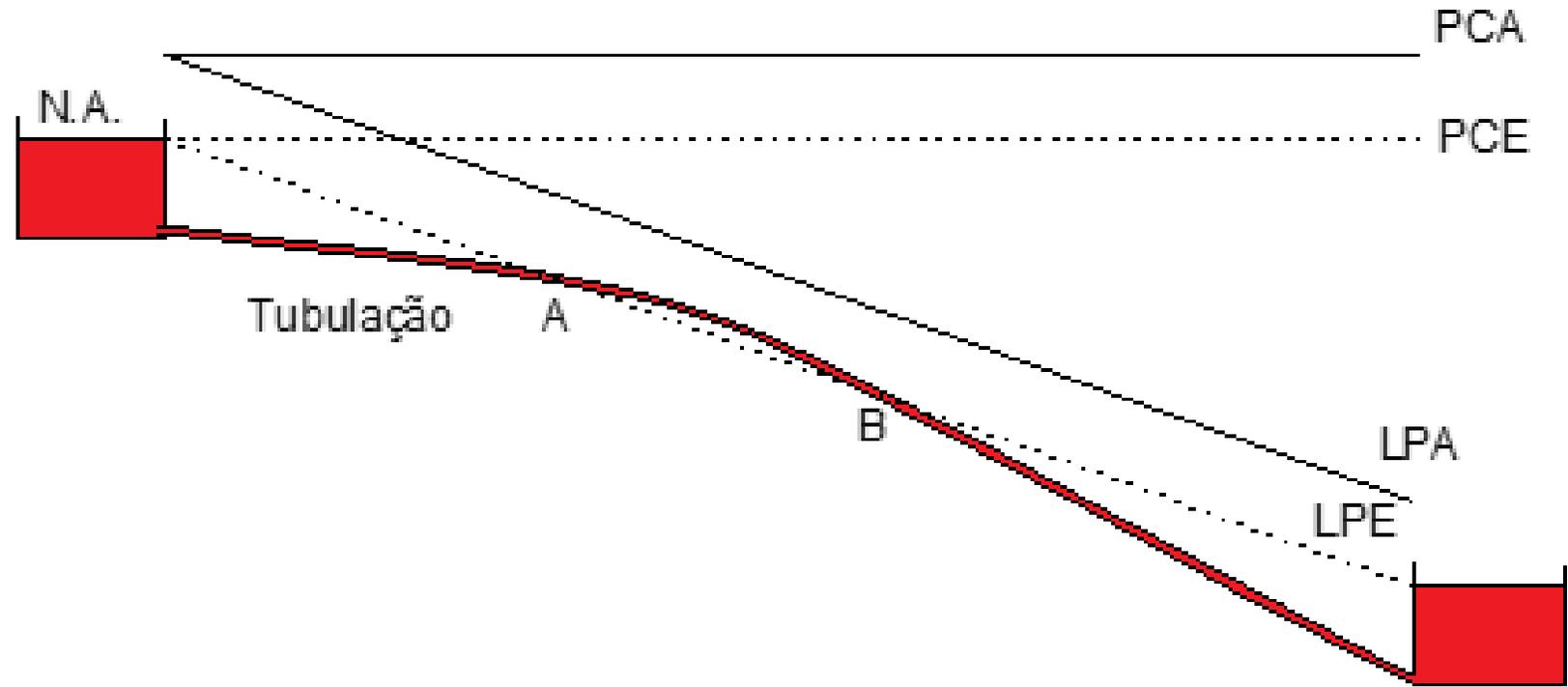
Sem problemas de escoamento

b) 2ª posição: tubulação coincide com a LPE



Sem problemas de escoamento

c) 3ª posição: tubulação corta LPE mas fica abaixo de LPA



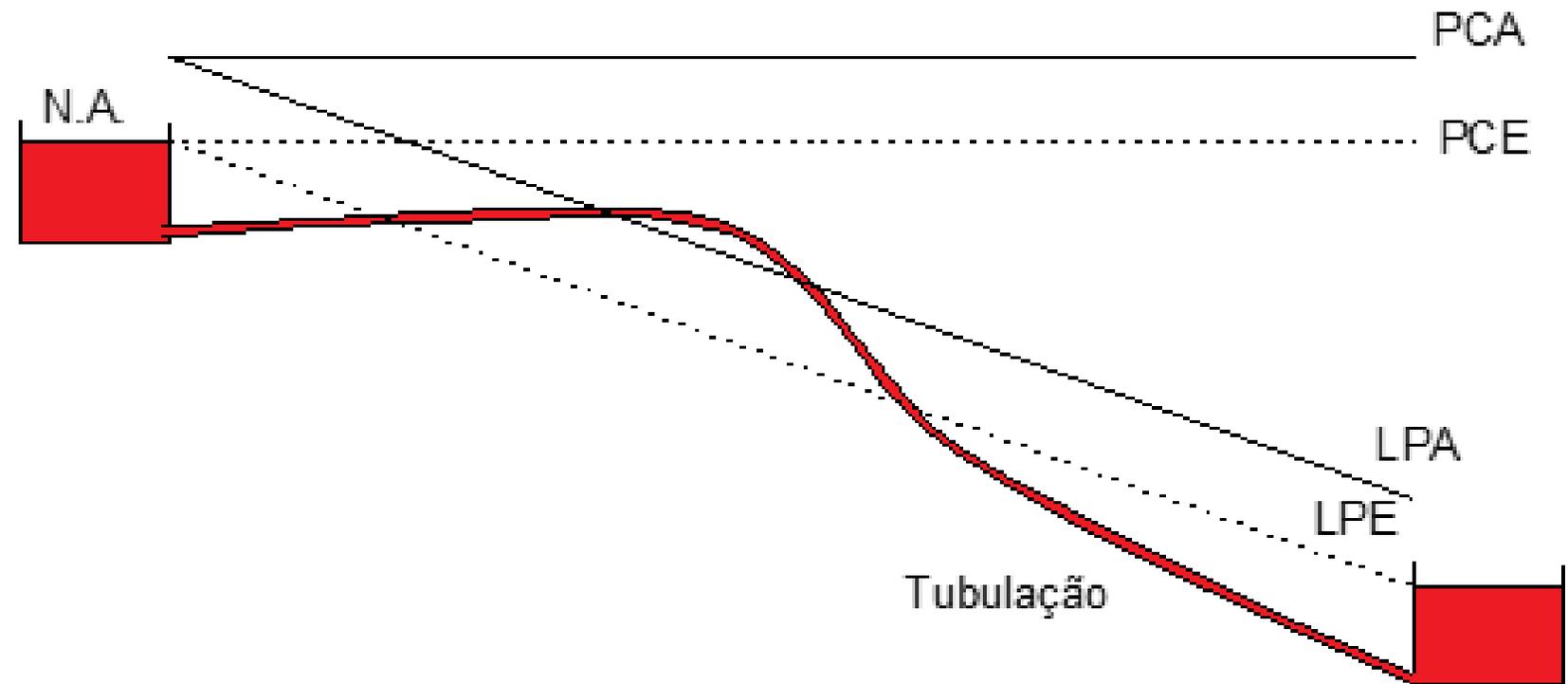
Situação problemática

$P < P_{atm}$  entre A e B (Subatmosférica, vazão parcial e imprevisível)

Possibilidade de entrada de ar ou outra substância que esteja próximo ao exterior da tubulação

Situação a ser evitada (Solução: utilizar reservatório de passagem)

d) 4ª posição: tubulação corta LPE e LPA, mas fica abaixo do PCE.



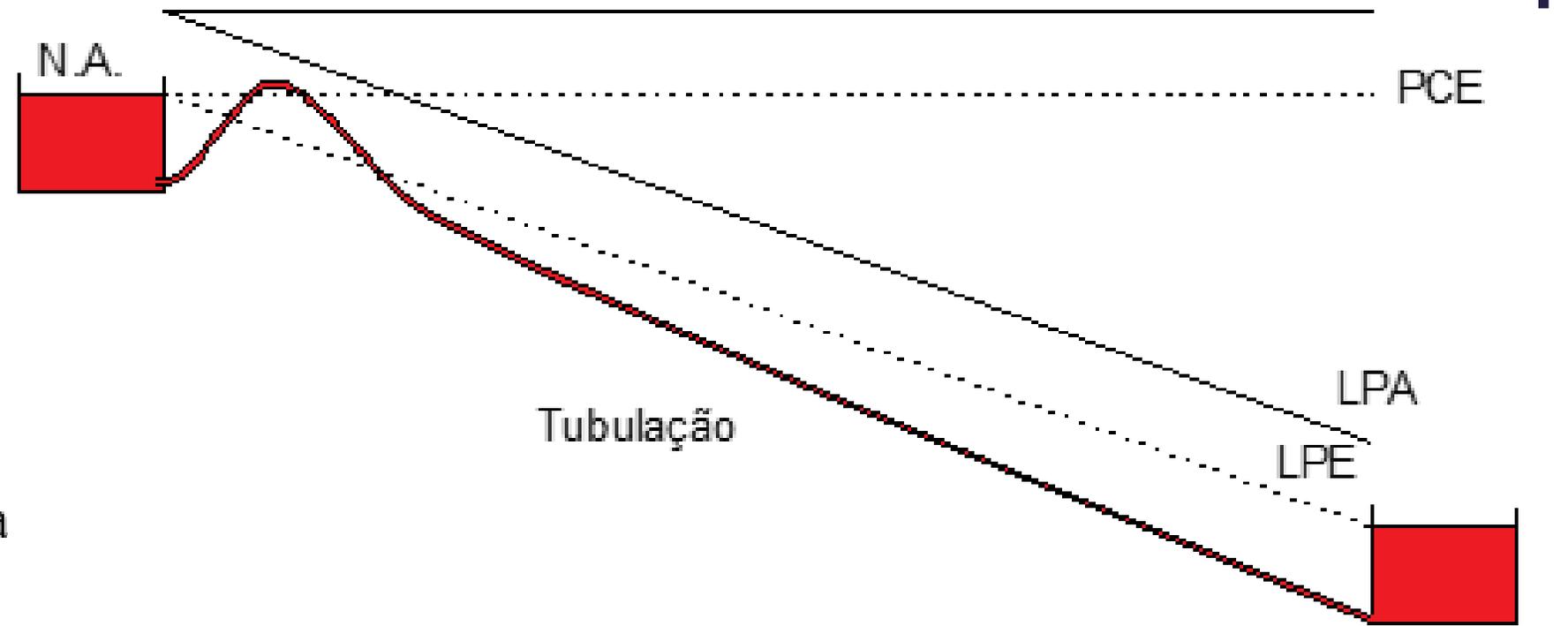
Situação problemática

Vazão imprevisível

Problemas de colapso e possibilidade de contaminação da água

Solução: evitar, mudando o curso da tubulação

e) 5ª posição: tubulação corta LPE e PCE, mas fica abaixo de LPA.



Situação problemática

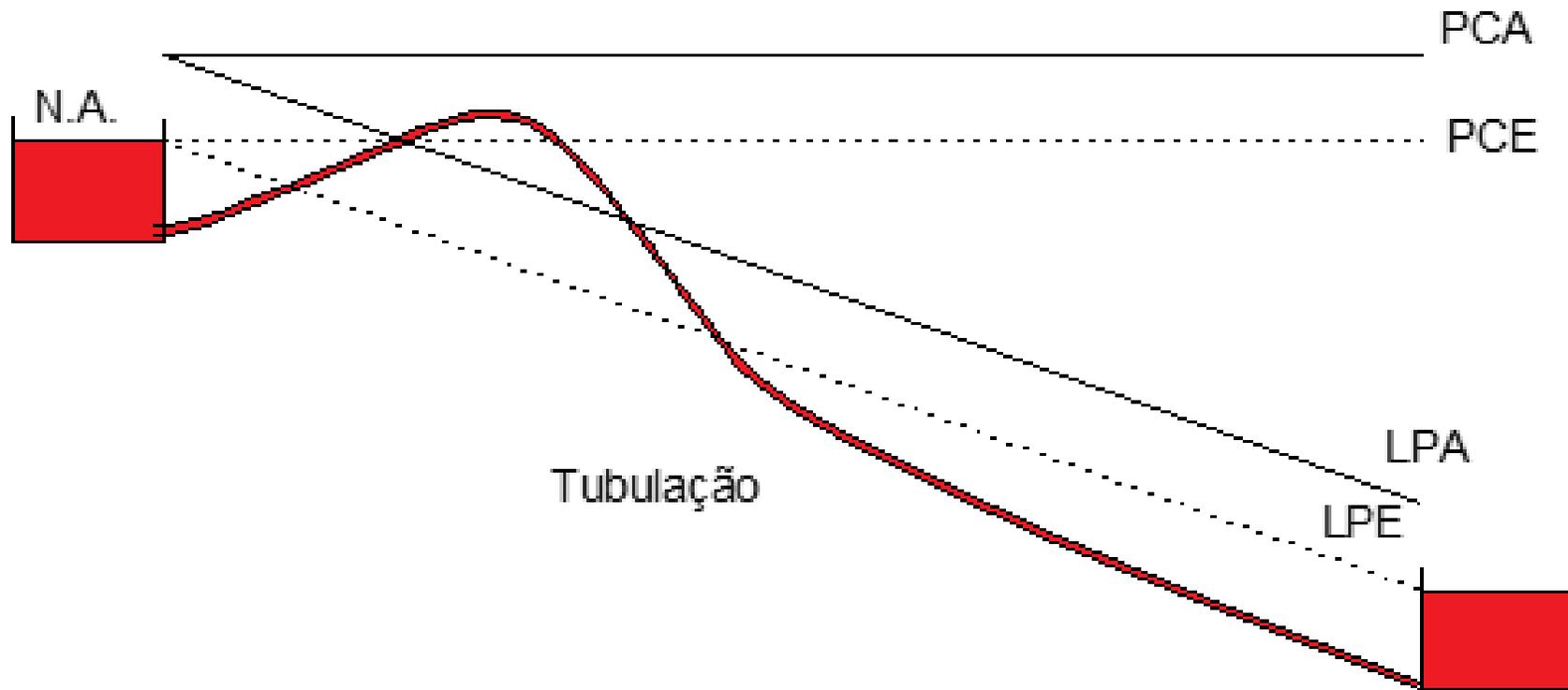
Vazão previsível

Não há escoamento espontâneo (Necessita escorva)

Entrada de ar na tubulação estanca o escoamento

Aplicação prática: sifão (irrigação por sulcos)

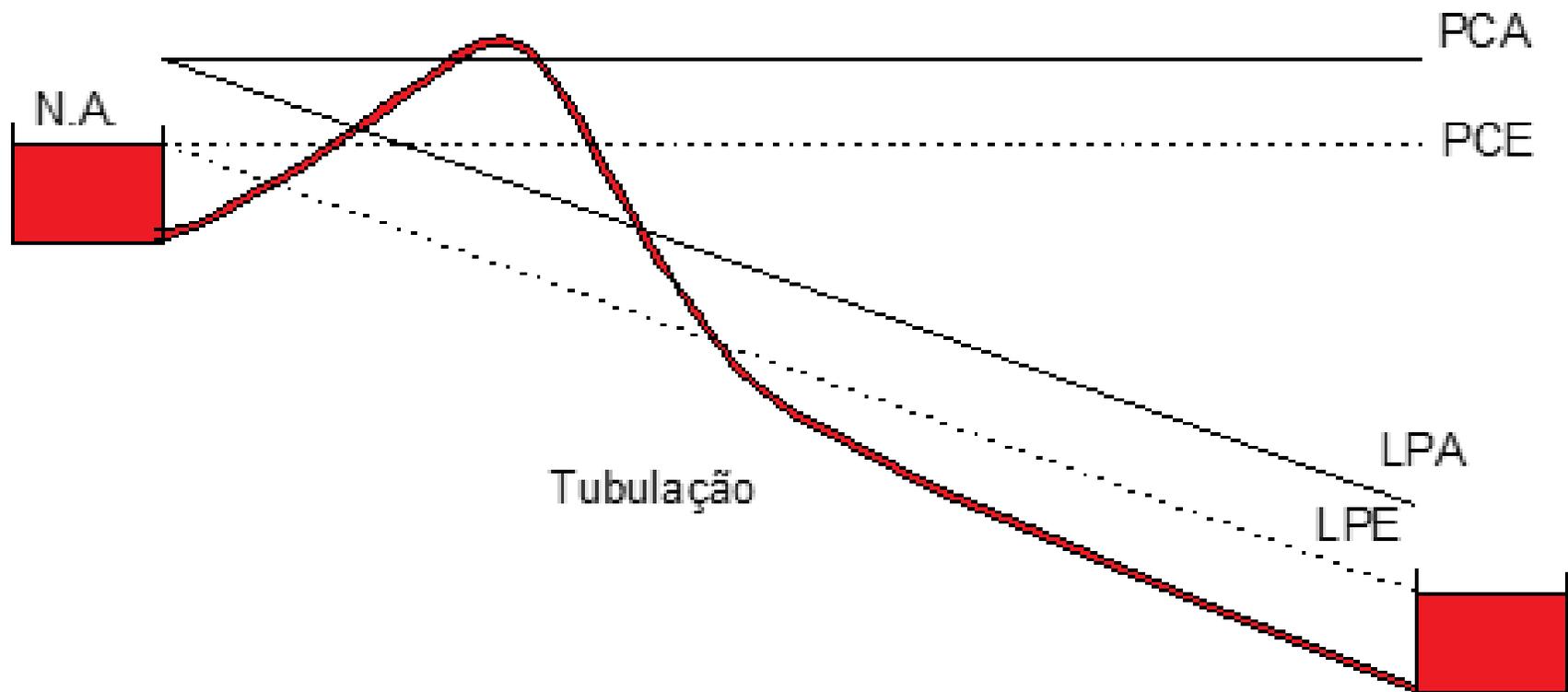
f) 6ª posição: tubulação corta LPE, LPA e PCE, mas fica abaixo do PCA.



Vazão imprevisível e não espontânea (Necessita escorva, se conseguir vazão)

Sifão operando nas piores condições possíveis

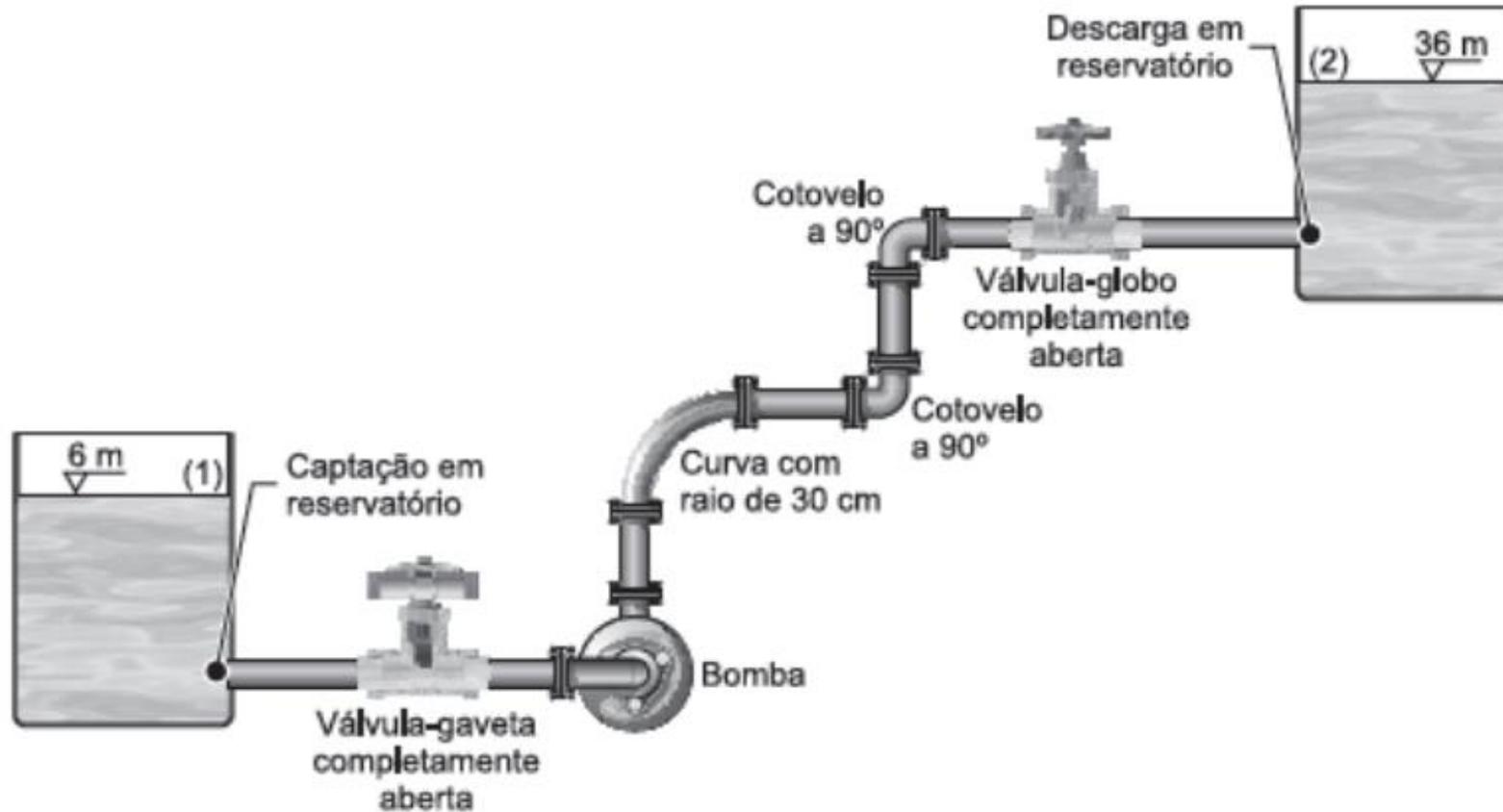
g) 7ª posição: tubulação corta o PCA.



Escoamento impossível



# Acessórios das tubulações



# Acessórios das tubulações

Curva:

- 45°



e

90°



- Raio curto
- Raio longo



# Acessórios das tubulações

## Tê:

- comum (todas as saídas com mesmo diâmetro)



- tê de redução (uma das saídas tem diâmetro menor)



# Acessórios das tubulações

## Redução:

- Redução longa



- Bucha (redução curta)



# Acessórios das tubulações

## Registros:

- reg. de gaveta



# Acessórios das tubulações

## Registros:

- reg. de esfera



# Acessórios das tubulações

## Registros:

- reg. de pressão



# Acessórios das tubulações

## Válvulas:

-válv. de retenção



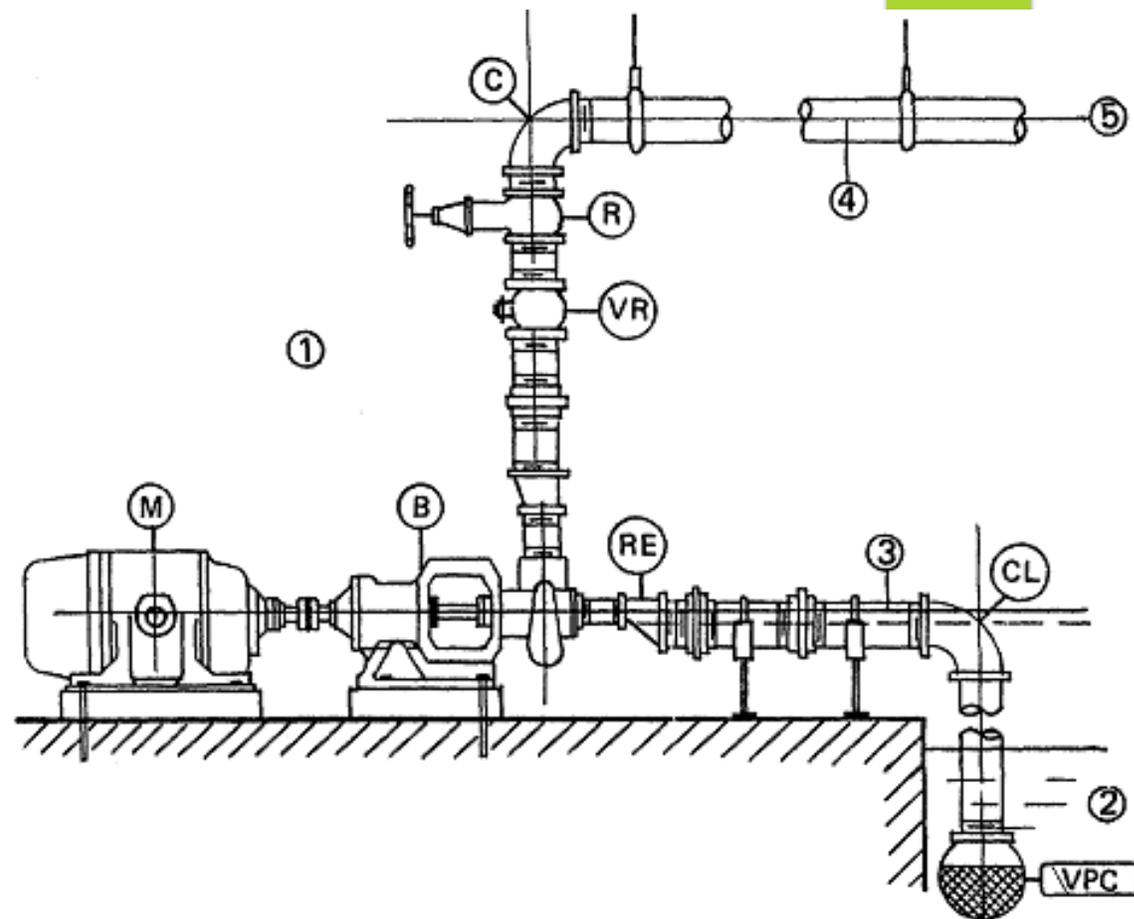
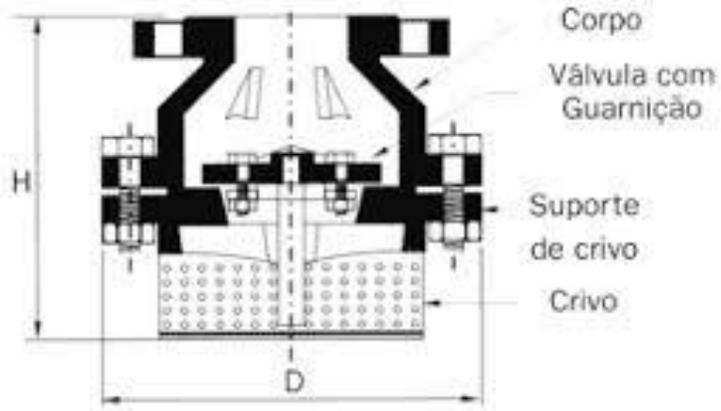
[vídeo válvula de retenção](#)

## Válvulas:

- válv. de pé c/ crivo



**Válvula de Pé com Crivo**



### Legenda:

1 - Casa de Bombas  
M - Motor de acionamento  
B - Bomba  
2 - Poço (fonte)  
3 - Linha de Sucção  
VPC - Válvula de pé com crivo  
5 - Reservatório

RE - Redução Excêntrica  
CL - Curva de 90°  
4 - Linha de Recalque  
VR - Válvula de retenção  
R - Registro  
C - Joelhos

# Acessórios das tubulações

## Válvulas:

- válv. ventosa (expulsa ou admite ar na tubulação) funcionamento



# Acessórios das tubulações

## Válvulas:

- válv. de alívio de pressão (anti-golpe de aríete)
- funcionamento
- croqui





Adaptador Fêmea ES



Adaptador Macho ES



CAP Fêmea ES



CAP Macho ES



Curva 45° ES



Curva 90° ES



Curva de Derivação ES



Curva de Nivelamento ES



Derivação Rosca Gás ES



Derivação Saída Fêmea ES



Engate Metálico Sela Irriga ES



Ponta Fêmea ES



Ponta Macho ES



Redução Macho / Fêmea ES



Saída Aspersor ES



Transição Fêmea / Macho ES x EP



Transição Macho / Fêmea ES x EP



Tubo Irriga ES



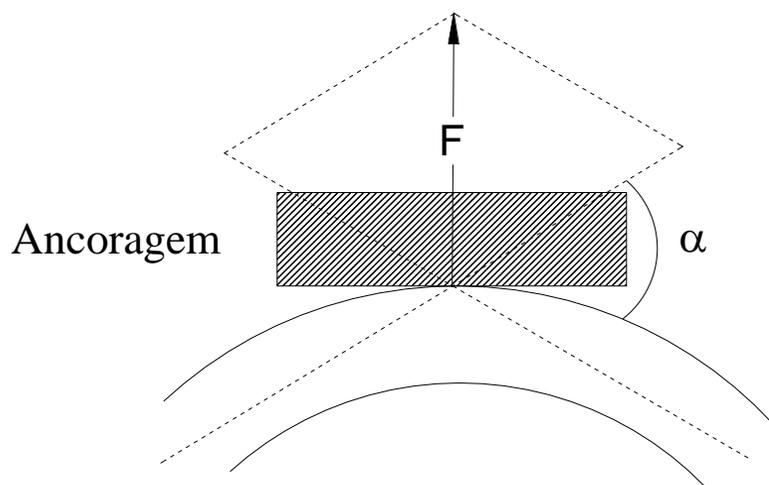
Válvula de Linha PVC x ES H. LAT.



Junta Borracha Vedação Irriga EP / ES

# Acessórios das tubulações

- Ancoragem: evita a ruptura de tubulações onde há mudança brusca do curso da água.



- Tubos enterrados: solo funciona como ancoragem
- Tubos não enterrados: construir ancoragem suficiente para resistir à força resultante

$$F = 2 (S \cdot \gamma \cdot h) \cdot \text{sen} (\alpha/2)$$

F = força resultante

S = área do tubo, m<sup>2</sup>

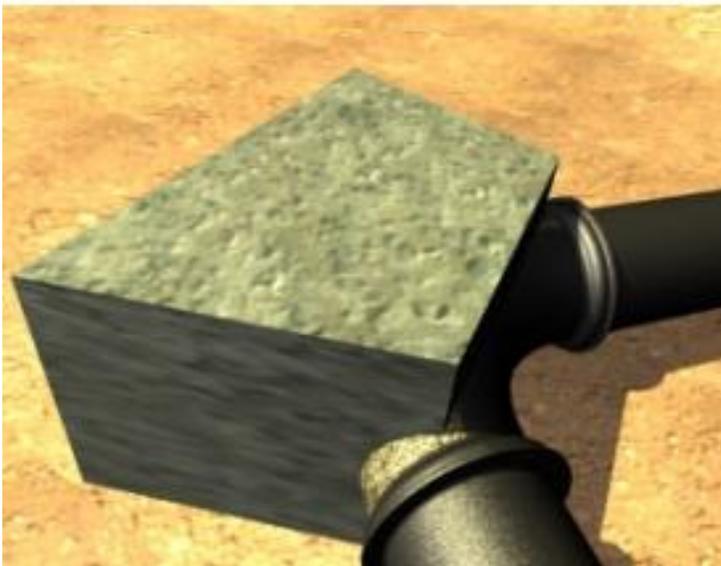
$\gamma$  = peso específico do líquido, kgf m<sup>-3</sup>

h = pressão de escoamento, mca

$\alpha$  = ângulo de desvio, graus

# Acessórios das tubulações

- Ancoragem:



<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00236.pdf>

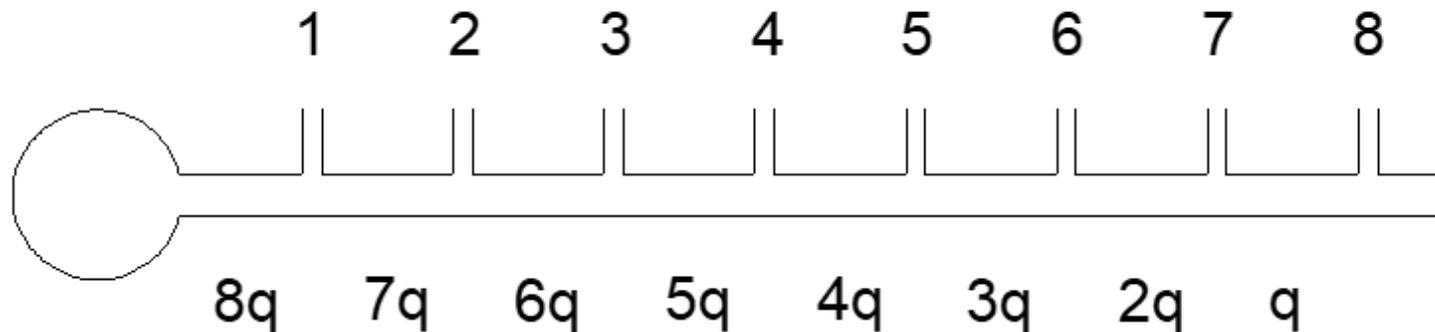


<http://www.antincendio.eng.br/portfolio/programa-de-abastecimento-de-agua-baixada-fluminense/>

# Perda de carga em tubulações com múltiplas saídas equidistantes e com mesma vazão

## 1. Conceito

- Tubulação com saída única:  $Q = \text{cte.} \Rightarrow hf = \text{cte.}$
- Tubulação com múltiplas saídas?  $Q = \text{varia} \Rightarrow hf = \text{varia}$



# Perda de carga em tubulações com múltiplas saídas equidistantes e com mesma vazão

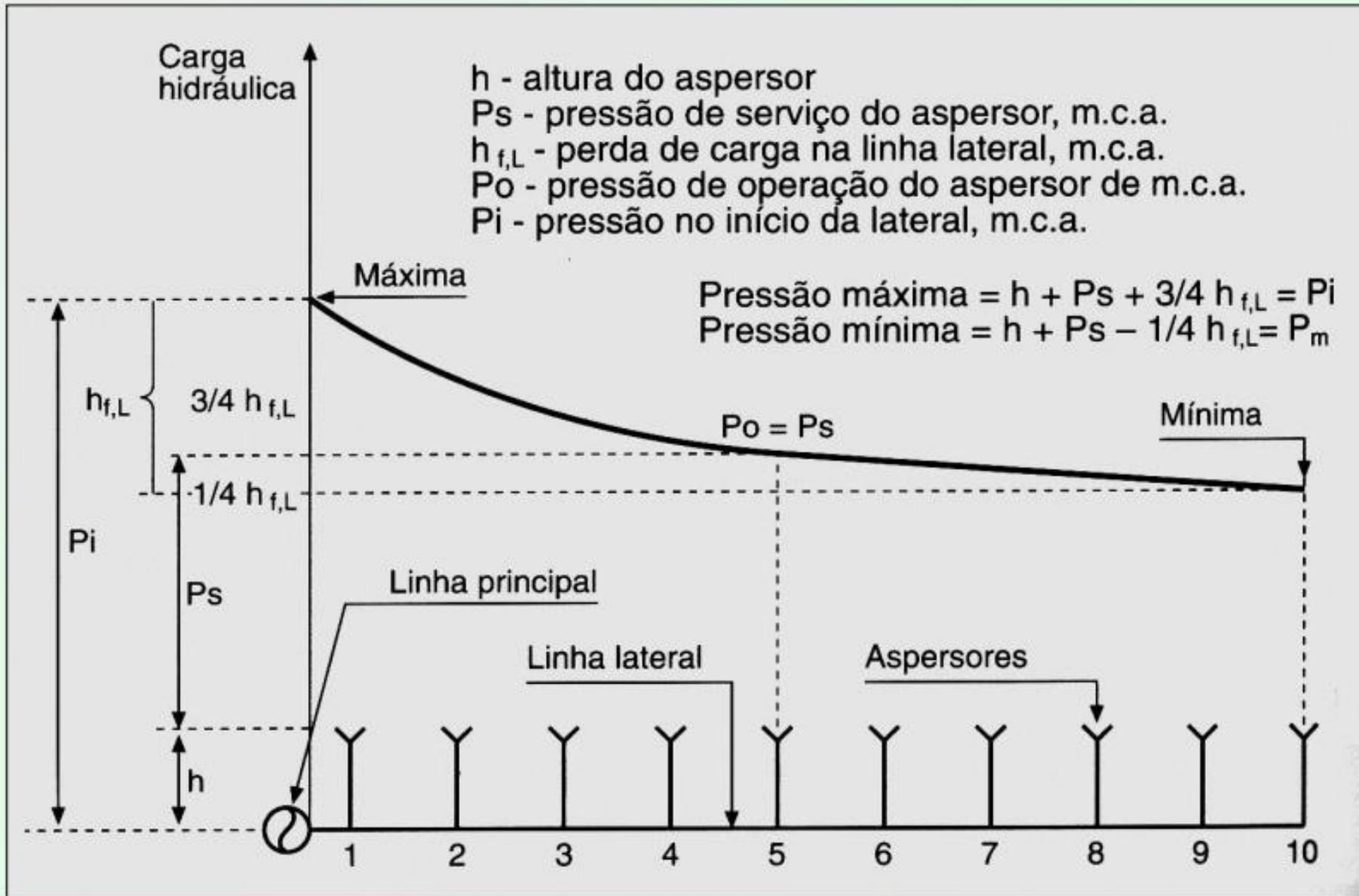
Cálculo de hf:

-Trecho-a-trecho ou uso de um fator de redução de hf para múltiplas saídas de água (F)

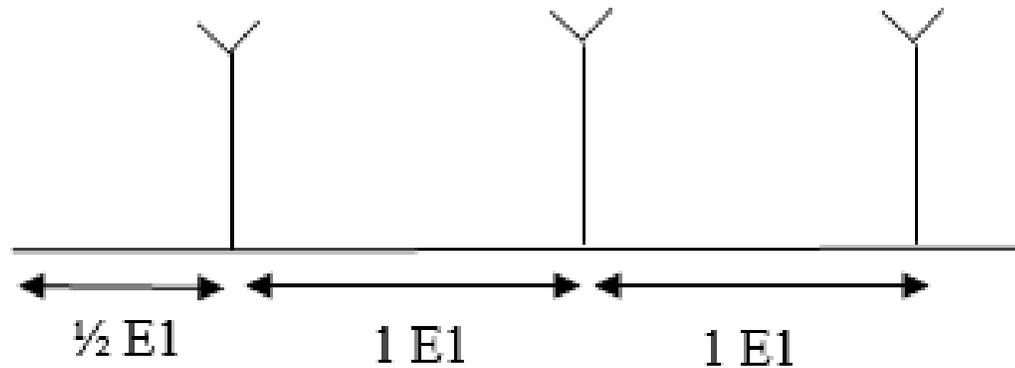
-Calcular hf como se a tubulação tivesse apenas uma saída (Q cte.)

Multiplicar hf pelo fator de redução de perda de carga (F)

$$hf = J \cdot L \cdot F$$

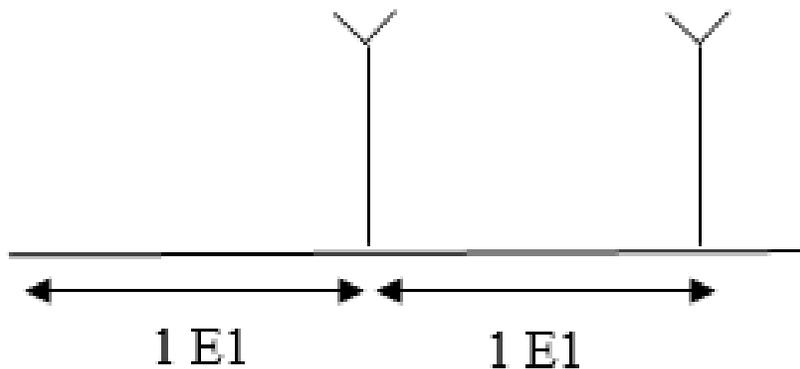


Primeira saída a  $\frac{1}{2}$  espaçamento (E1)



$$F = \frac{2N}{2N - 1} \cdot \left[ \left( \frac{1}{m + 1} \right) \setminus + \frac{\sqrt{(m - 1)}}{6N^2} \right]$$

Primeira saída a 1 espaçamento (E1)

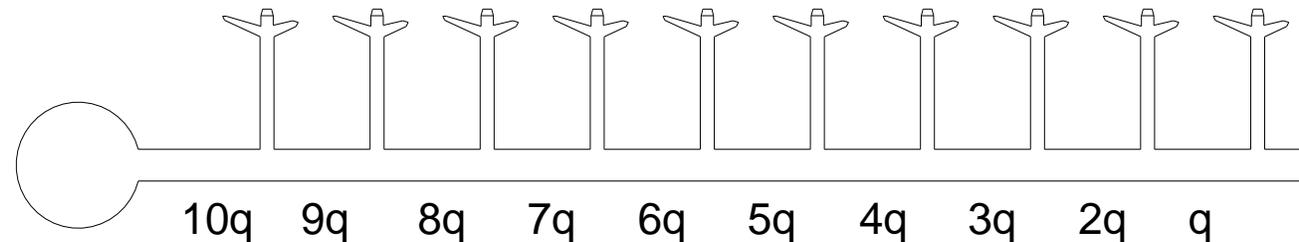


$$F = \left( \frac{1}{m + 1} \right) \setminus + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{(m - 1)}}{6N^2}$$

# Perda de carga em tubulações com múltiplas saídas equidistantes e com mesma vazão

## Exemplo: Irrigação por aspersão

Dados: Vazão de cada aspersor:  $q = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ; Espaçamento entre aspersores:  $E_a = 18 \text{ m}$ ; Número de aspersores:  $N_a = 10$ ; Distância do 1º aspersor à LD:  $L_1 = 9 \text{ m}$  (1º aspersor a  $\frac{1}{2}$  espaçamento); Tubulação da linha de aspersores: Alumínio c/ engate rápido ( $C = 120$ ) e  $D = 50 \text{ mm}$



**Pede-se a perda de carga (hf).**

# Perda de carga em tubulações com múltiplas saídas equidistantes e com mesma vazão

**Exemplo:** Irrigação por aspersão

Dados: Vazão de cada aspersor:  $q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ ; Espaçamento entre aspersores:  $E_a = 18 \text{ m}$ ; Número de aspersores:  $N_a = 10$ ; Distância do 1º aspersor à LD:  $L_1 = 18 \text{ m}$  (1º aspersor a 1 espaçamento); Tubulação da linha de aspersores: PVC ( $C = 150$ ) e  $h_f \text{ máximo} = 7 \text{ mca}$

**Pede-se:**

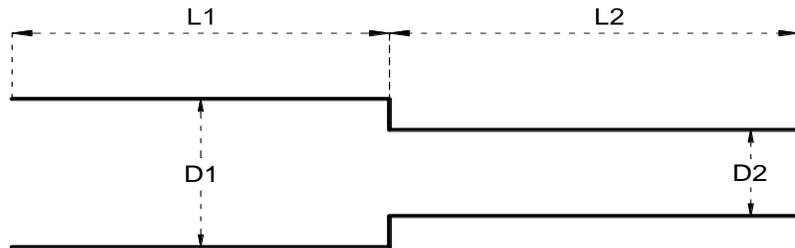
- b.1) o diâmetro teórico da tubulação;**
- b.2) O diâmetro comercial imediatamente superior;**
- b.3) A perda de carga para o diâmetro comercial.**

# Encanamentos equivalentes

## Conceito

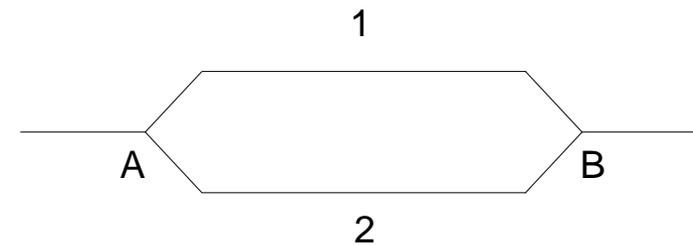
Dois ou mais encanamentos se equivalem quando são capazes de conduzir a mesma vazão sob a mesma perda de carga total.

Em série



ou

Em paralelo



# Encanamentos equivalentes

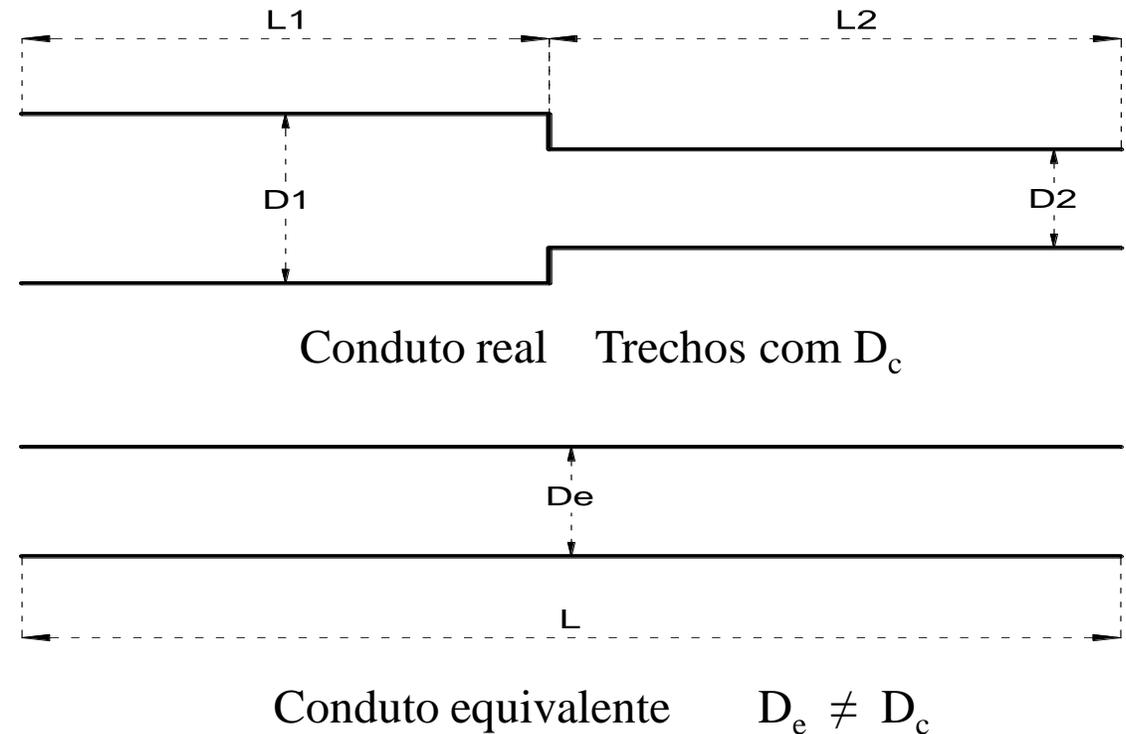
## Condutos em série

$$h_{ft} = h_{f_1} + h_{f_2}$$

$$Q_1 = Q_2$$

Regra de Dupuit para condutos em série

$$\frac{L_e}{D_e^n} = \frac{L_1}{D_1^n} + \frac{L_2}{D_2^n}$$



# Encanamentos equivalentes

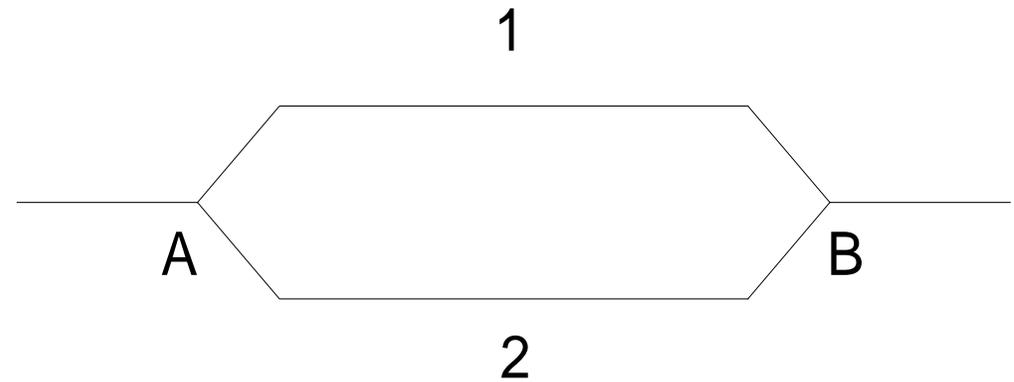
## Condutos em paralelo

$$h_{ft} = h_{f_1} = h_{f_2}$$

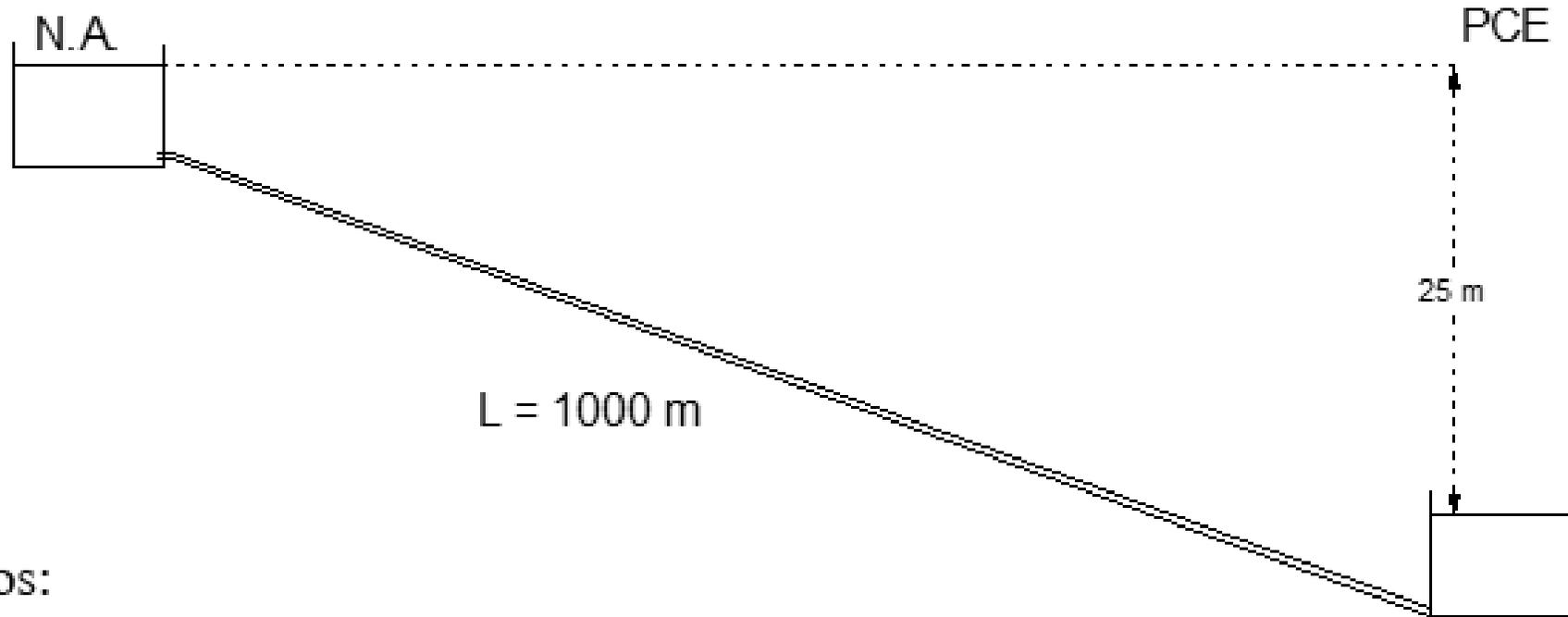
$$Q = Q_1 + Q_2$$

Regra de Dupuit para condutos em série

$$\left(\frac{D_e^n}{L_e}\right)^{\frac{1}{m}} = \left(\frac{D_1^n}{L_1}\right)^{\frac{1}{m}} + \left(\frac{D_2^n}{L_2}\right)^{\frac{1}{m}}$$



Dimensionar a tubulação para o esquema a seguir:



Dados:

$$Q = 3 \text{ L/s (0,003 m}^3\text{/s)}$$

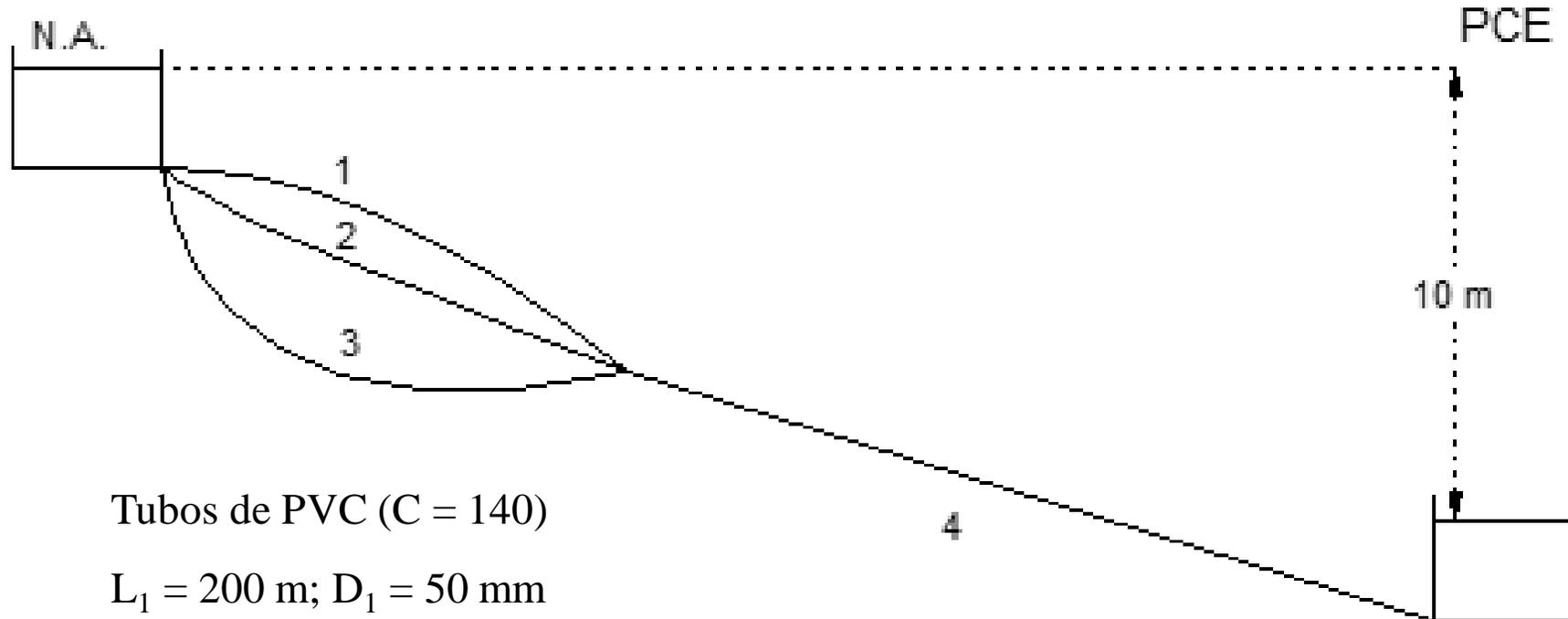
$$L = 1000 \text{ m}$$

$$\Delta h = 25 \text{ m}$$

Tubos de aço usados ( $C = 100$ )

$D_c$  disponíveis: 50 mm; 62 mm; 75 mm; 100 mm; 125 mm

Calcule a vazão que flui do reservatório (A) ao (B) no esquema a seguir:



Tubos de PVC ( $C = 140$ )

$L_1 = 200$  m;  $D_1 = 50$  mm

$L_2 = 200$  m;  $D_2 = 62$  mm

$L_3 = 350$  m;  $D_3 = 50$  mm

$L_4 = 200$  m;  $D_4 = 100$  mm