



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA AMBIENTAL E CIVIL

# HIDRÁULICA

## AULA 2

### PERDA DE CARGA

Prof. Dr. Fernando Ernesto Ucker  
2015

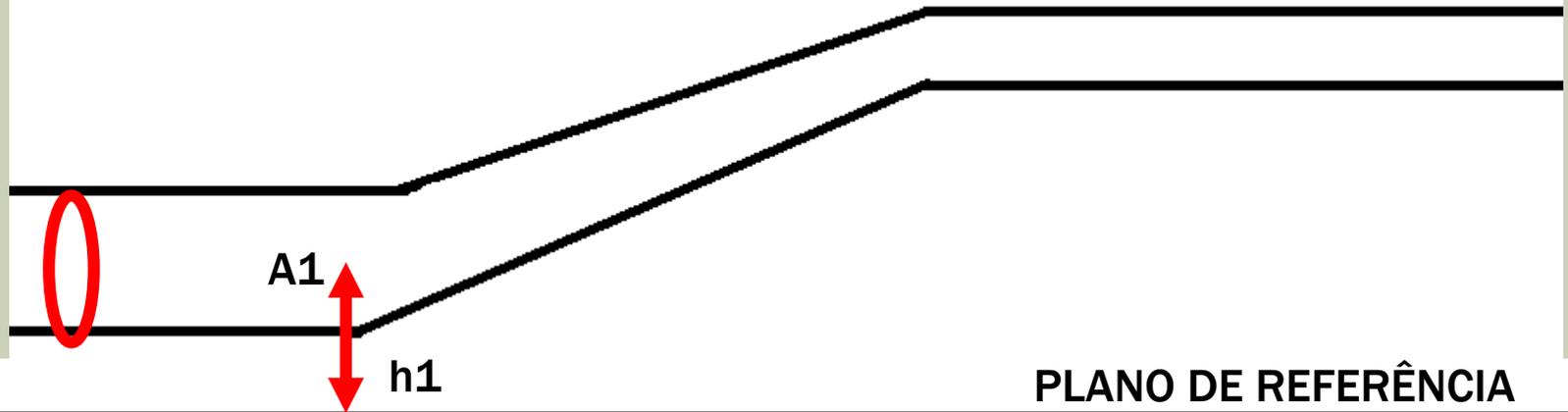
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



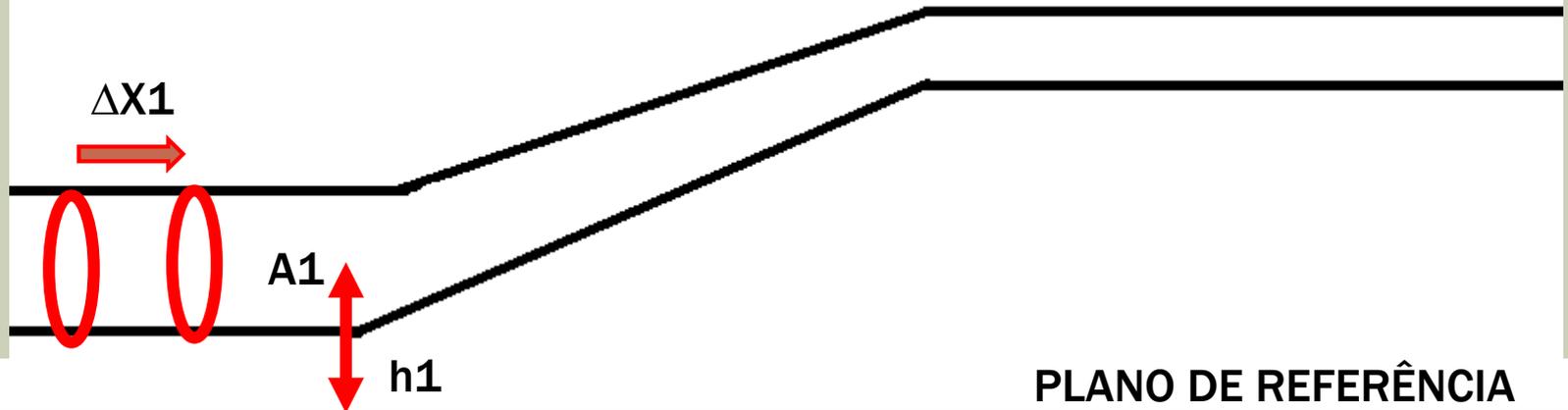
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



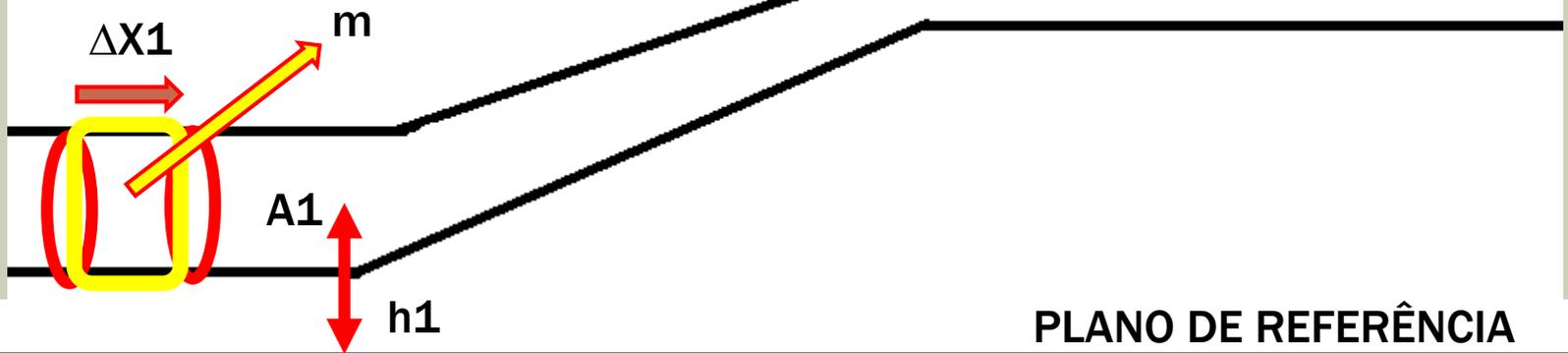
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



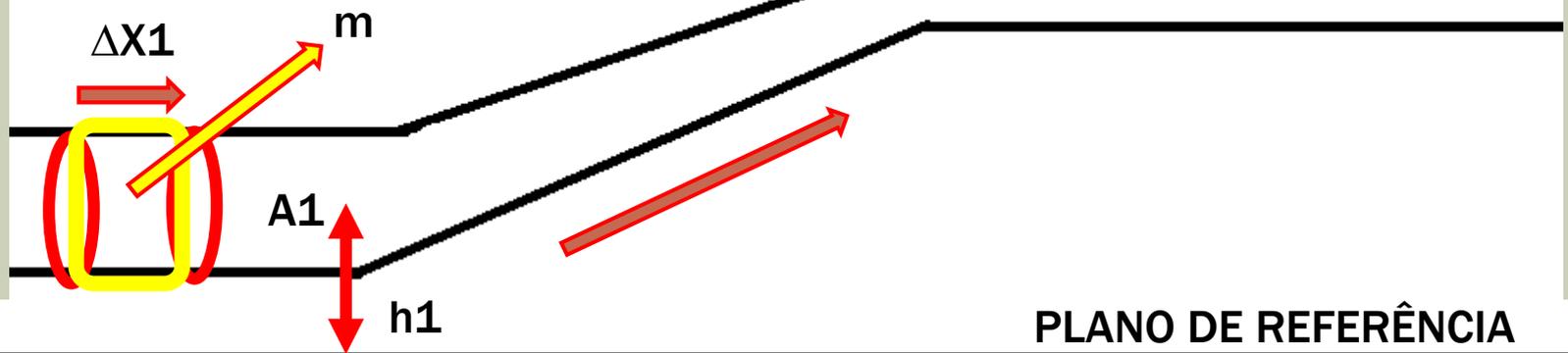
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



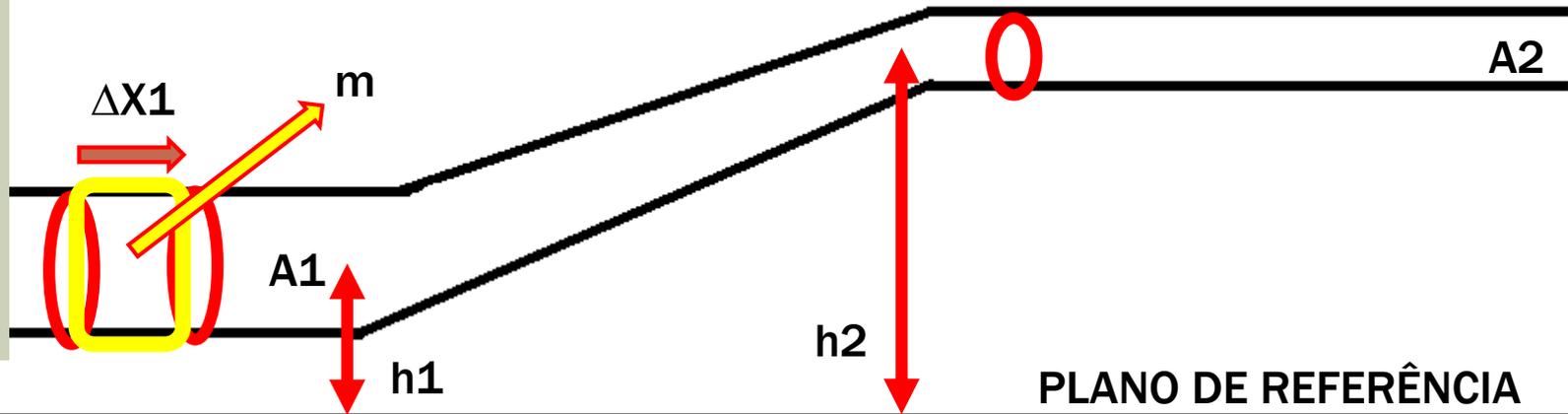
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



# PERDA DE CARGA

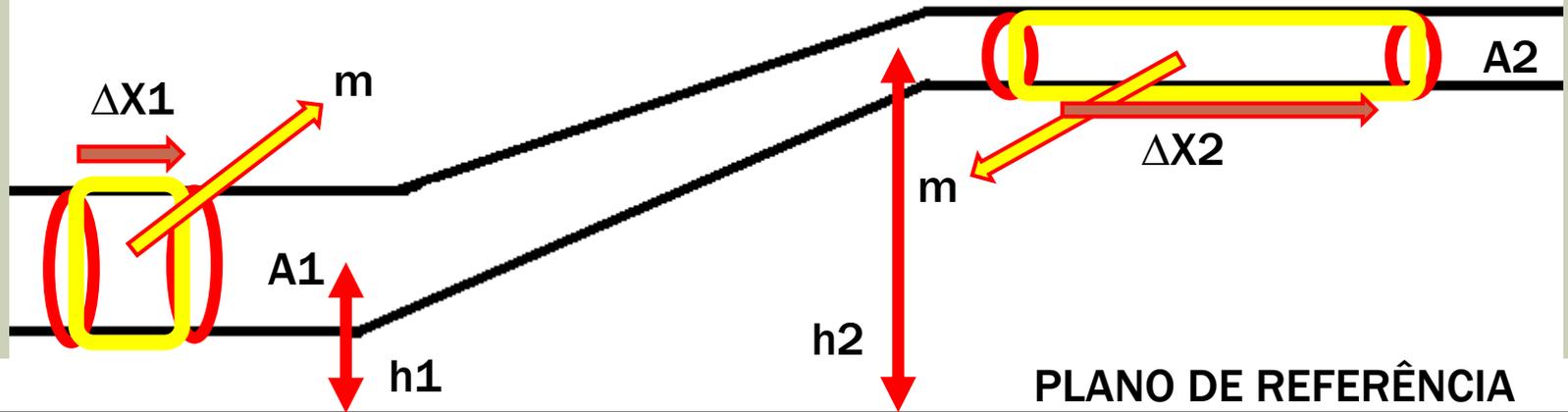
## EQUAÇÃO DE BERNOULLI





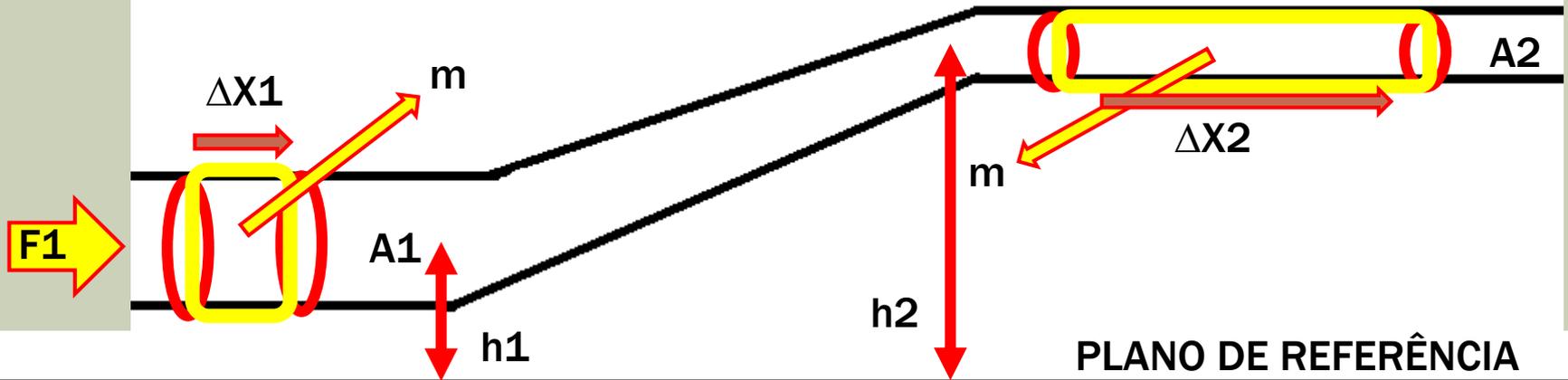
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



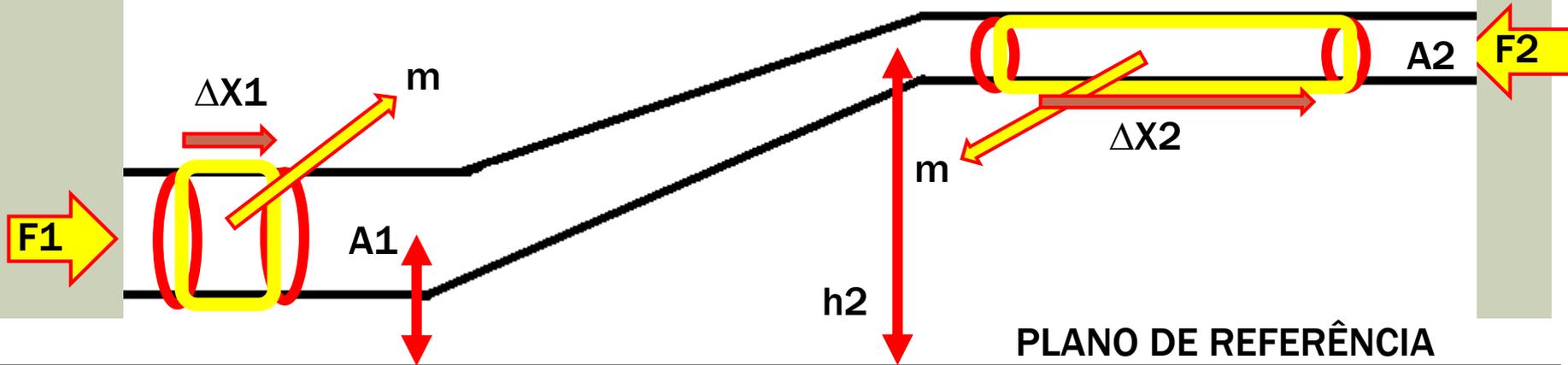
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



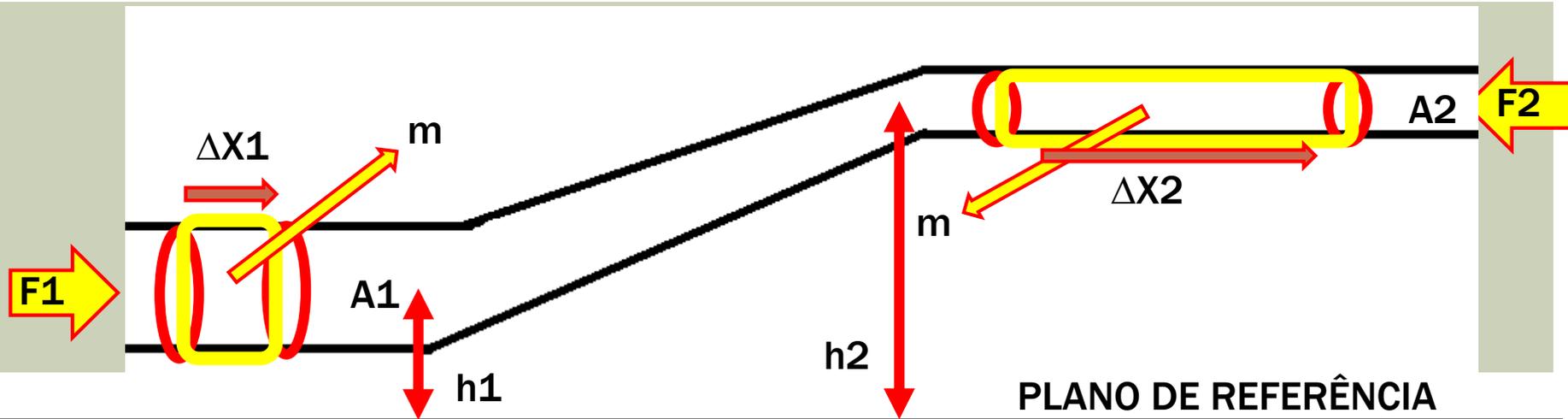
# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI

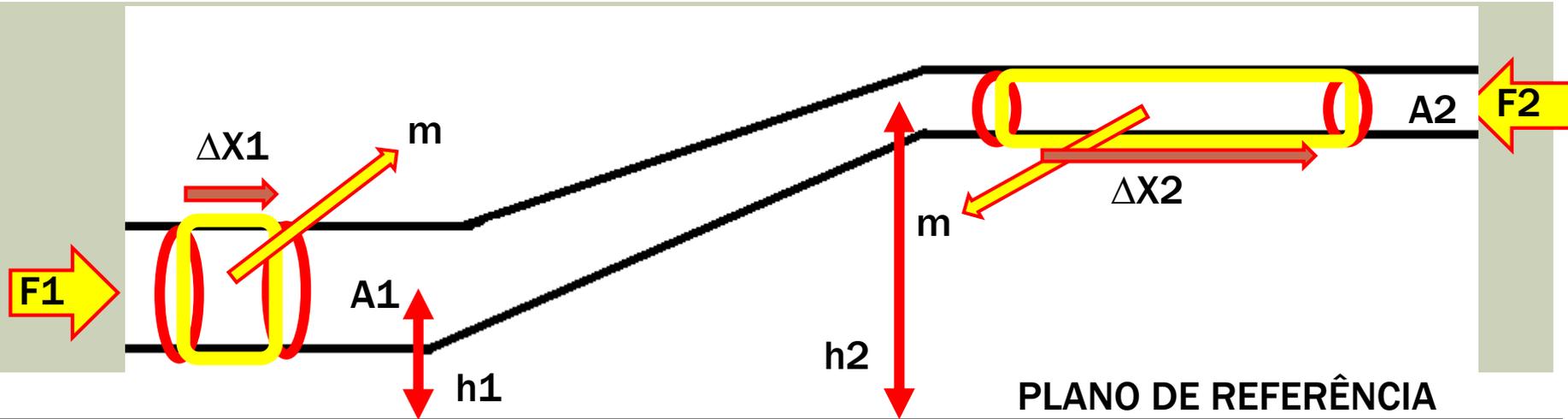


Pela Equação da Conservação da Energia temos:

$$T F_1 - T F_2 = \Delta E_p + \Delta E_c$$

# PERDA DE CARGA

## EQUAÇÃO DE BERNOULLI



Pela Equação da Conservação da Energia temos:

$$T F1 - T F2 = \Delta E_p + \Delta E_c$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2.g}$$

# CONDUTOS

**CONDUTOS FORÇADOS:** Conduto no qual o líquido escoia sob pressão diferente da atmosférica. A canalização funciona cheia e o conduto é fechado. As canalizações devem resistir a pressão interna.

Exemplos:

- ✓ Canalizações prediais de água quente e fria;
- ✓ Canalizações de distribuição de água na cidade.

# CONDUTOS

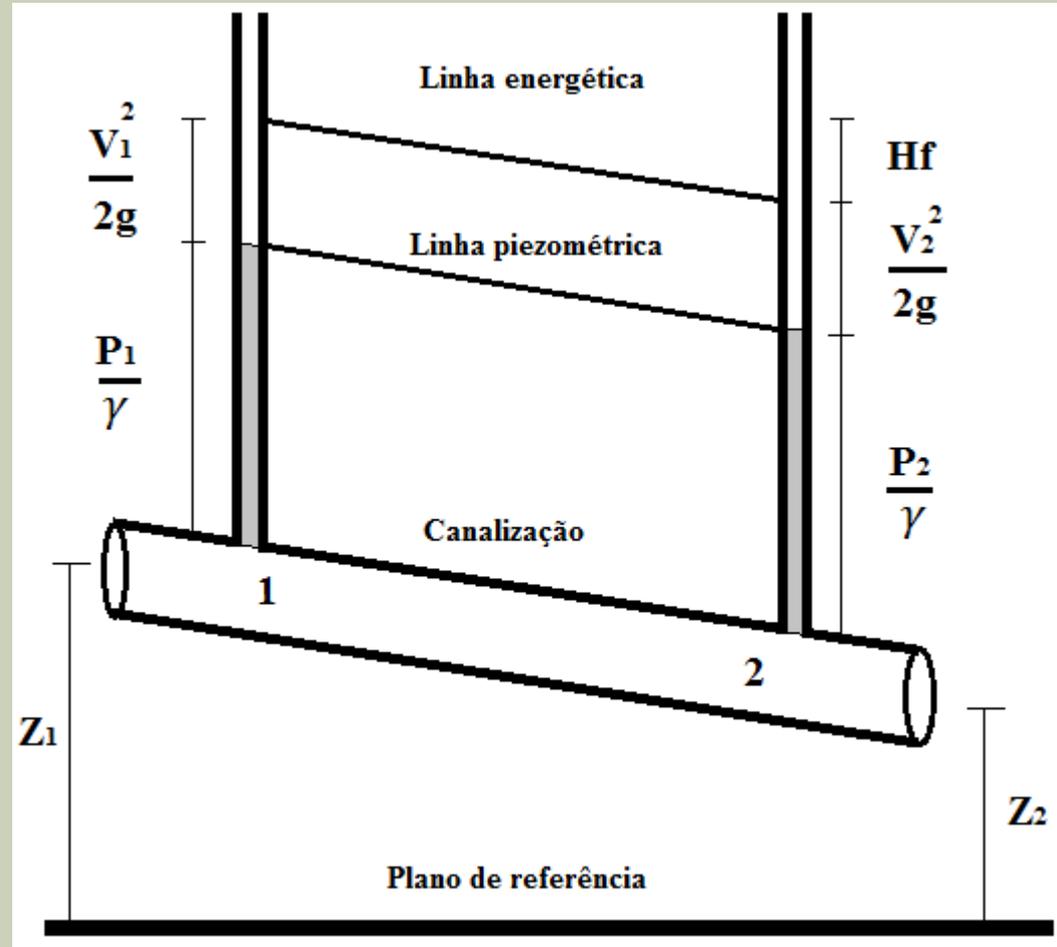
**CONDUTOS LIVRES:** Apresenta na superfície livre pressão igual a atmosférica. Não funciona totalmente cheia.

Exemplos:

- ✓ Canalizações de esgoto prediais;
- ✓ Canalizações de águas pluviais prediais;
- ✓ Canalizações de esgoto sanitário de uma cidade;
- ✓ Canais de irrigação.

# PERDA DE CARGA

Quando um líquido flui de 1 para 2, parte da energia inicial se dissipa, e a soma das três cargas em 2 não se iguala a 1. A diferença de energia de 1 para 2 é chamada de **perda de carga**.

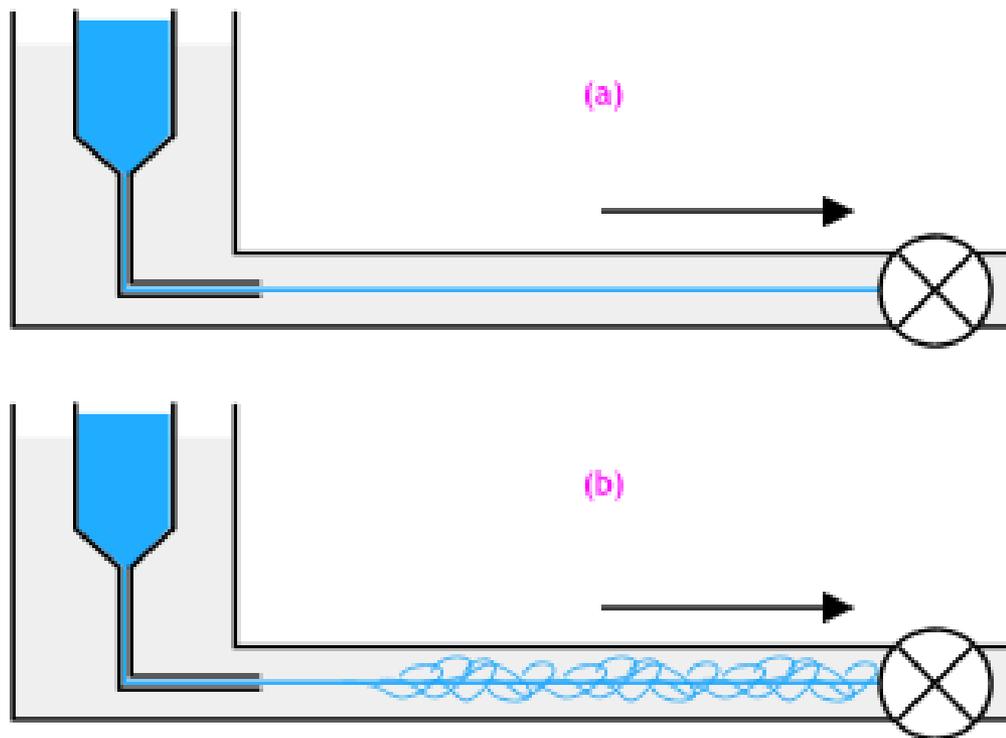


# PERDA DE CARGA

Sempre que um fluido se desloca no interior de uma tubulação ocorre atrito deste fluido com as paredes internas desta tubulação, ocorre também uma turbulência do fluido com ele mesmo, este fenômeno faz com que a pressão que existe no interior da tubulação vá diminuindo gradativamente à medida com que o fluido se desloque, esta diminuição da pressão é conhecida como Perda de Carga.

# PERDA DE CARGA

- **NÚMERO DE REYNOLDS:** Influencia diretamente na perda de carga do sistema.



# FÓRMULAS PRÁTICAS

**Fórmula de Hazen-Williams:** Essa fórmula talvez seja a mais utilizada nos países de influência americana. Ela originou-se de um trabalho experimental com grande número de tratamentos (vários diâmetros, vazões e materiais) e repetições. Ela deve ser utilizada para escoamento de água à temperatura ambiente, para tubulações com diâmetro maior ou igual a 2" ou 50 mm e para regime turbulento.

# FÓRMULAS PRÁTICAS

## Fórmula de Hazen-Williams:

$$H_f = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}}$$

Onde:

$H_f$  = Perda de carga na tubulação;

$D$  = diâmetro da canalização;

$C$  = Coeficiente que depende da natureza das paredes;

$Q$  = Vazão.

# FÓRMULAS PRÁTICAS

## Fórmula de Hazen-Williams:

TIPO DE CONDUTO	C
Aço galvanizado	125
Aço soldado	130
Alumínio	140 - 145
Concreto com bom acabamento	130
Concreto com acabamento comum	120
Ferro fundido	130
Plástico	140 - 145
PVC	145 - 150

# FÓRMULAS PRÁTICAS

**Fórmula de Darcy-Weisbach:** Esta fórmula é de uso geral, tanto serve para escoamento em regime turbulento quanto para o laminar, e é também utilizada para toda a gama de diâmetros.

$$H_f = f \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g}$$

Onde:

$H_f$  = Perda de carga na tubulação, em m;

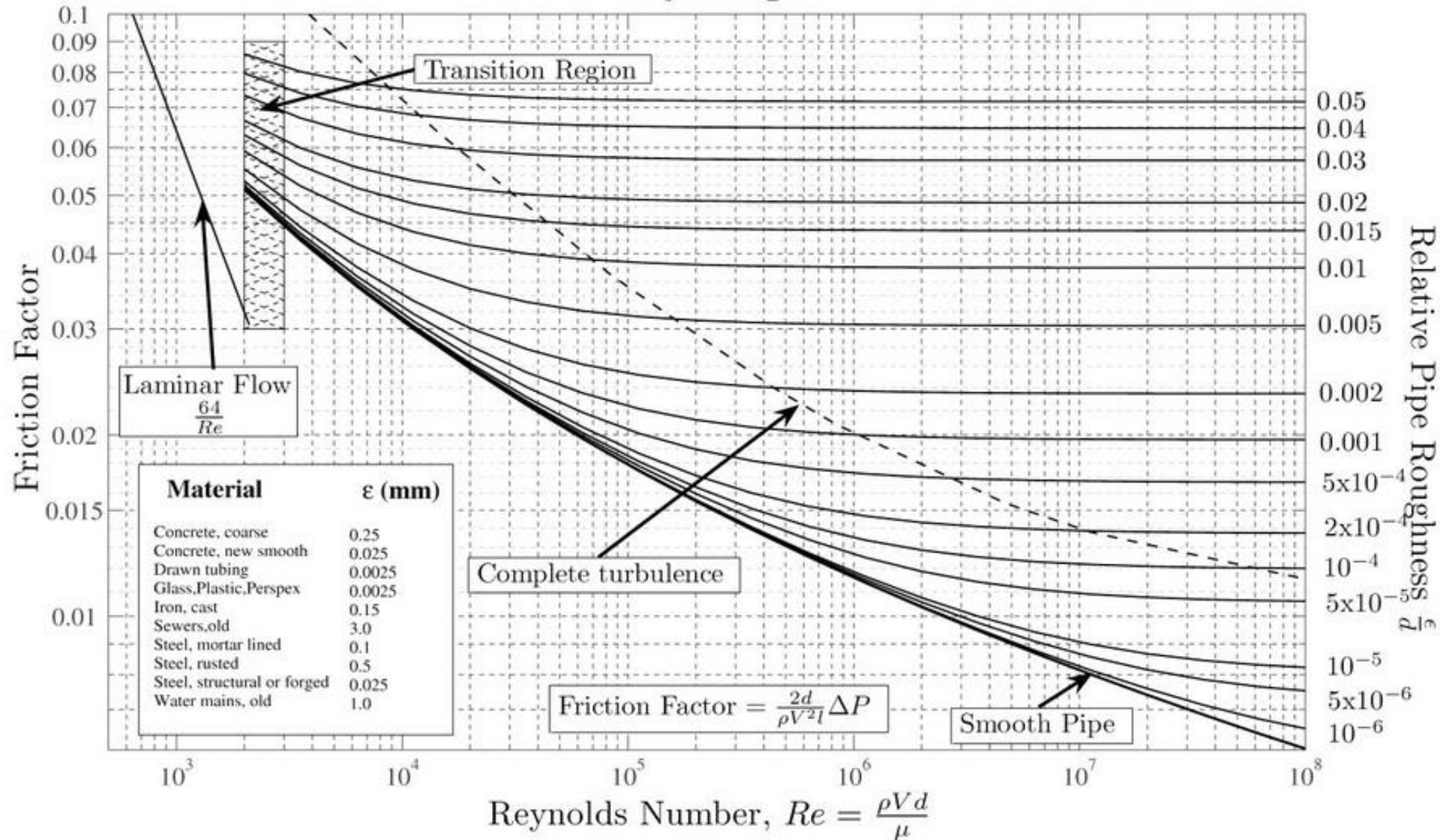
$D$  = diâmetro da canalização, m;

**$f$  = coeficiente que depende do estado de conservação das paredes , e pode ser determinado pelo diagrama de Moody.**

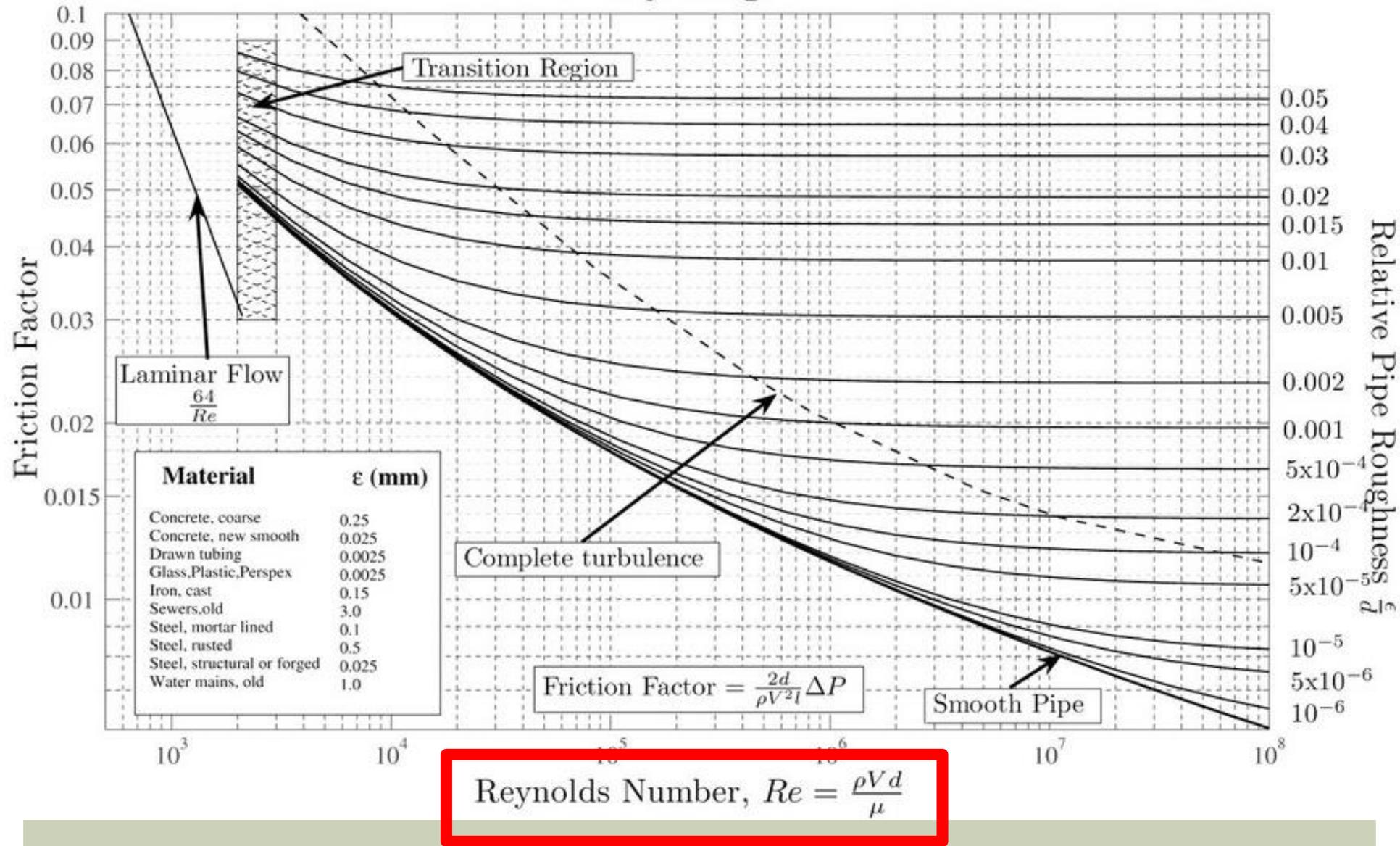
$g$  = aceleração da gravidade, em  $m \cdot s^{-2}$ ;

$Q$  = Vazão, em  $m^3 \cdot s^{-1}$

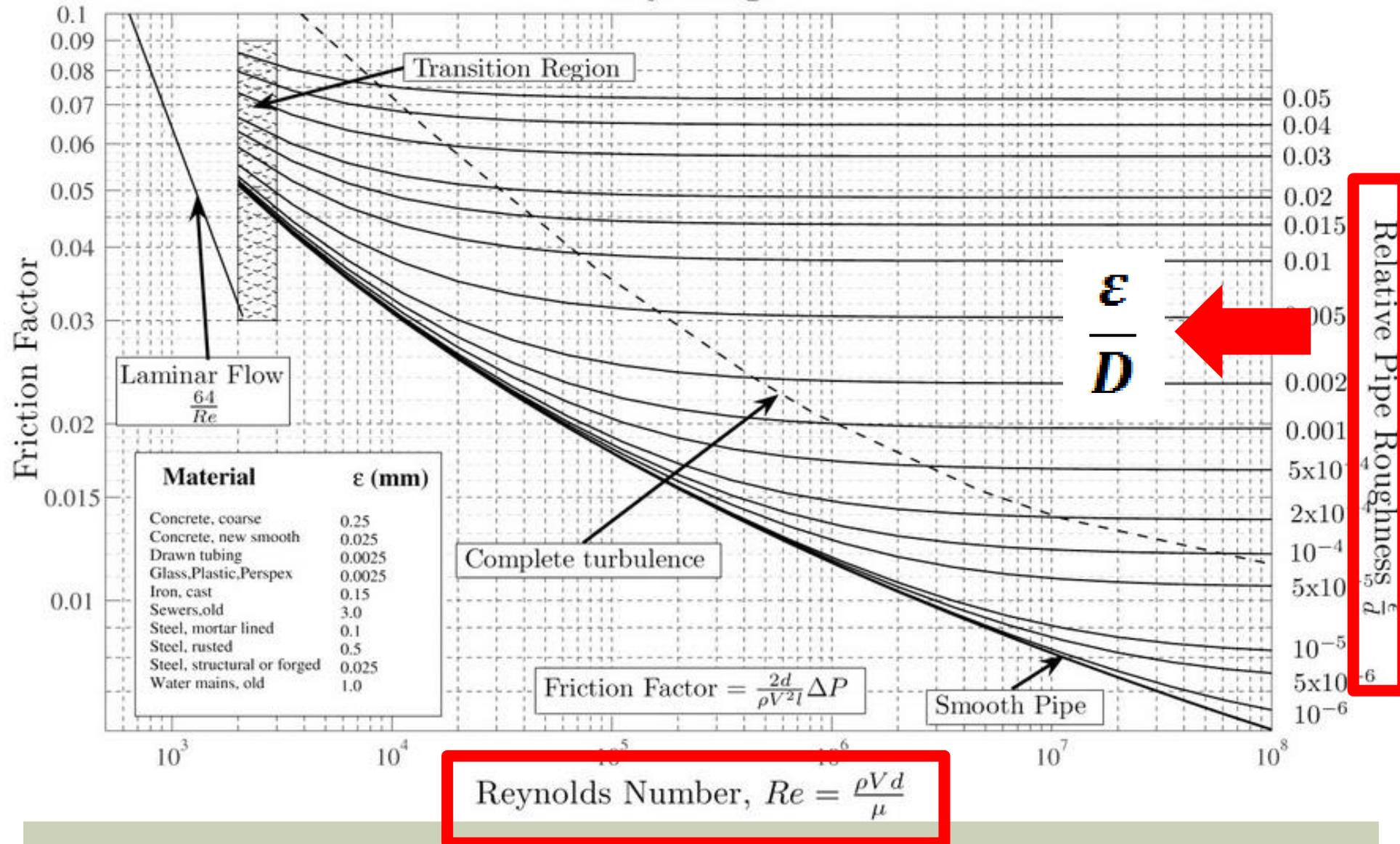
# Moody Diagram



# Moody Diagram



# Moody Diagram



Valores da rugosidade média dos materiais empregados.

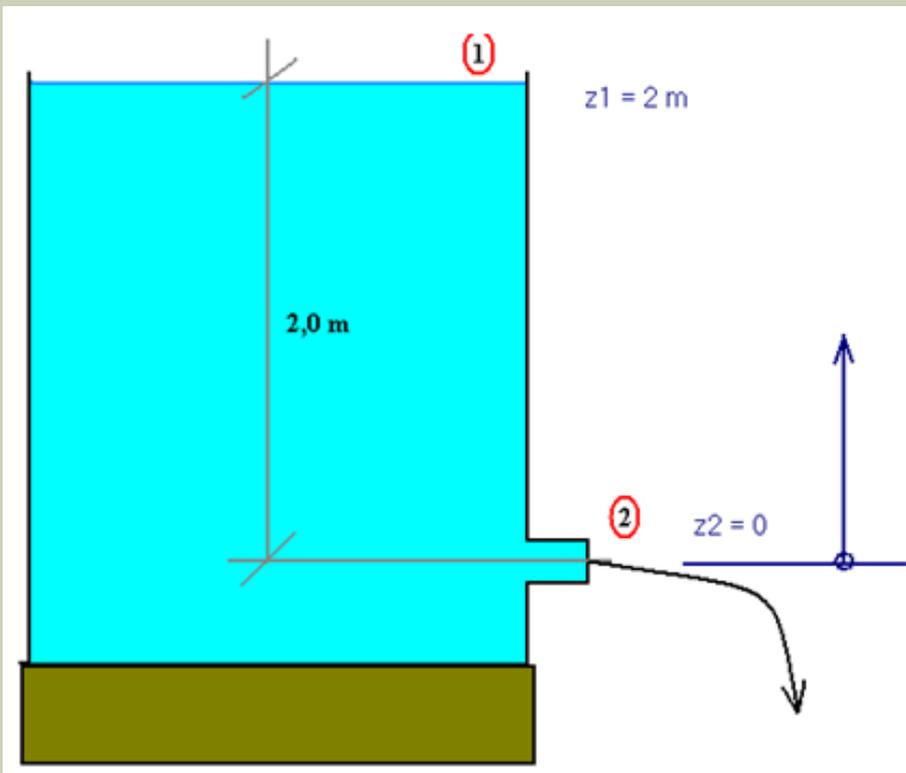
<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>e (mm)</b>
Ferro fundido novo	0,26 - 1
Ferro fundido enferrujado	1 - 1,5
Aço comercial	0,046
Aço galvanizado	0,15
Cobre ou vidro	0,0015
Cimento bruto	1 - 3
Madeira	1,0 - 2,5
Tijolo	5
Plástico	0,06

# COLEBROOK-WHITE

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

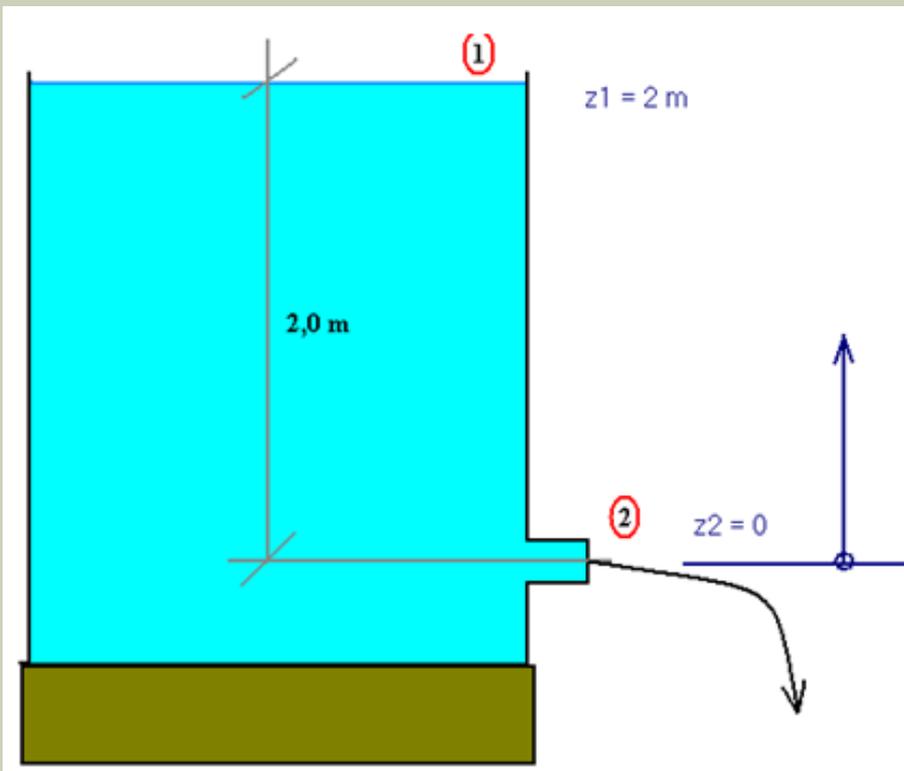
# EXERCÍCIO 1

- Qual a velocidade da água através de um furo na lateral de um tanque, se o desnível entre o furo e a superfície livre é de 2 m?



# EXERCÍCIO 1

- Qual a velocidade da água através de um furo na lateral de um tanque, se o desnível entre o furo e a superfície livre é de 2 m?



$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2.g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2.g}$$

$$V_2 = 6,26 \text{ m/s}$$

## EXERCÍCIO 2

Os pontos A e B estão a 1219 m um do outro ao longo de um tubo de aço novo,  $\varepsilon = 0,061$  mm e 152 mm de diâmetro. O ponto B está 15,40 m acima de A e as pressões em A e B são de 848 kPa e 335 kPa, respectivamente. Qual será a vazão de óleo combustível cuja  $d = 0,861$  e  $\nu = 3,827 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s?

$$Q = 0,0422 \text{ m}^3/\text{s}$$